



జీవకోటికి ప్రాణదాత,  
రక్షకుడు సూర్యుడి కథ

# జీవనదాత సూర్యుడు

మూలం  
బి.ఎ.ఎ.తంగరాజ్  
అనువాదం  
కొంజవటిగంటి కుటుంబరావు









# జీవనదాత నూర్యుడు

వల్లభ డాక్టర్  
హనుమంతరావు  
పాఠశాల



# జీవసదాత సూర్యుడు

మూలం : ఎమ్. ఎ. తంగరాజ్,

M.A , Ph D. (Toronto)

అనువాదం : కొడవటిగంటి కుటుంబరావు.

దక్షిణ భాషా పుస్తక సంస్థ  
మద్రాసు-54.

# JEEVANADATHA SOORYUDU

Telugu Translation of

## LIFE GIVING SUN

by M. A. THANGARAJ, M.A., Ph.D. (Toronto)  
*Professor and Head of the Department of Physics*  
*Madras Christian College, Tambaram*

*First Edition* 3,000 copies

AUGUST, 1964

COPYRIGHT AUTHOR

**Price : Rs. 2-10**

*Published by*

**THE SOUTHERN LANGUAGES BOOK TRUST, MADRAS-34**

*With the assistance of*

THE GOVERNMENT OF INDIA and

THE GOVERNMENT OF ANDHRA PRADESH

**Second Series — Telugu-33.**

Printed at

THE JUPITER PRESS PRIVATE LIMITED, MADRAS-18.

## తొలిపలుకు

ప్రాంతీయ భాషలన్నీటిలోనూ ఒక భాషలోని ఉత్తమ రచనలను ఇతర భాషలలోనికి రబ్బించేయించుటకూ, దక్షిణ భాషలు నాల్గింటిలోనూ మంచి పుస్తకములను చాలగా ప్రచురించుటకూ సంకల్పించి దక్షిణభాషా పుస్తకసంఘం కావించుచున్న ప్రశంసనీయమైన కృషి నేనా సంస్థను అభినందించుచున్నాను. మన భాషలో చాలా ఖరలకు చొరకు మంచి పుస్తకములకు ఎంతోని అవసరమున్నది. ఈ అవసరమును ఈ పుస్తక సంస్థ లెచ్చగలదని నా నమ్మకము. ఈ సంస్థ తలపెట్టిన కార్యకలాపః భారతదేశమున కొనిసాగుచున్నది నేను ఆశించుచున్నాను.

డి. సంజీవయ్య,

హైదరాబాదు, }  
26-9-1960. }

ముఖ్యమంత్రి.

ఆంధ్రప్రదేశ్ ప్రభుత్వము.

## ACKNOWLEDGEMENT

An Editorial Board consisting of eminent scientists and teachers was constituted for the purpose of guiding the preparation of manuscripts of the books under the Science Series. We acknowledge with gratitude the very valuable assistance rendered and hearty cooperation extended by the members.

## ప్రకరణ క్రమం

1. నిలువ ఉన్న సూర్యశక్తి	...	...	1
2. సూర్యశక్తి	...	...	9
3. సూర్యుడూ, సూర్య సంతతి	...	...	37
4. అల్పగ్రహాలూ, తోక చుక్కలూ, ఉల్కలూ	...	...	91
5. సూర్యుడూ, నక్షత్రాలూ	...	...	105
6. నక్షత్రరూపము, విశ్వము	...	...	143
7. ఇతర ప్రపంచాలలో ప్రాణులున్నాయా?	...	...	170
అనుబంధము I	...	...	187





## 1. నిలువ ఉన్న సూర్యశ.

భాస్కర్ తన తండ్రివెంట వేసవిసెలవుల్లో మైసూరు వెళ్లాడు. వా రా రాష్ట్రంలో చూసిన అనేకదృశ్యాలలో శివ సముద్రజలపాతం కూడా ఉన్నది. మే నెలలో కూర్గలో వానలు హెచ్చుగా కురియడంవల్ల కావేరీనది పూటుగా ప్రవహిస్తున్నది. 320 అడుగుల ఎత్తునుంచి నెకండుకు కొన్ని వేల టన్నుల నీరు ధారాపాతంగా పడుతూన్న ముచ్చటైన దృశ్యంచూసి భాస్కర్ అచ్చెరువందాడు.

“నాన్నా, అన్నేసి వేల టన్నుల నీరు ఆగకుండా పడుతున్నది గదా. అది ఎలా సాధ్యం?” తండ్రిని అడిగాడు.

“అవును, భాస్కర్ ! ఈ అద్భుతమైన వింతకు కారణం, అదుగో, ఆ ప్రకాశించే స్కూల్ యుగి శక్తి!” అన్నాడు తండ్రి.

“సూర్య శక్తి? అదెలాగ, నాన్నా?”

“వాన ఎలాకురుస్తుందో తెలుసా?”

“ఓ, బాగా తెలుసు. పైన్సుపాతంలో చదువుకున్నా. సూర్యుడి వేడికి సముద్రాలలోనూ, నదులలోనూ, సరస్సులలోనూ ఉండే నీరు ఆవిరి అయి, మేఘాలరూపంలో పైకి పోతుంది. మేఘాలు చల్లబడ్డప్పుడు తిరిగి నీటిబిందువులుగా మారి వాన రూపంలో పెడుతుంది. అంతేనా, నాన్నా?”

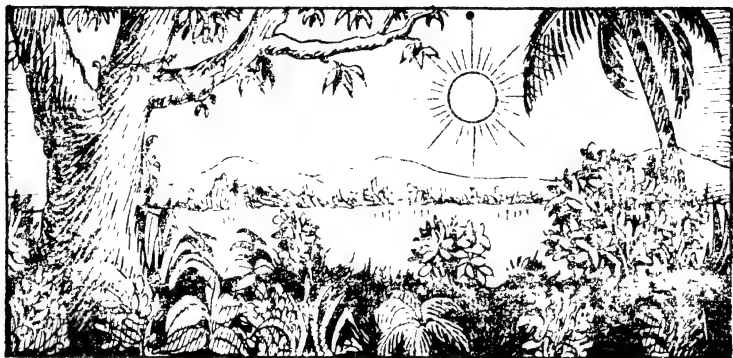
“ఔను, సరిగానే చెప్పావు. నీటి ఆవిరి మేఘాల రూపంలో పైకి వెళ్లకపోతే పర్వతశిఖరాలపై వర్షం కురియదు; వాటినుంచి నదులు బయలుదేరి ఇలా అందమైన జలపాతాలేర్పడవు. అందుచేత ఈ అద్భుత జలపాతశక్తి సూర్యుడి శక్తి. ఈ శక్తిని వినియోగించి యంత్రాలు నడుపుతారు; విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తిచేసి మన ఇల్లన్నీటికీ పంపిస్తారు. మరి ఆ విద్యుచ్ఛక్తినికూడా సూర్యశక్తి అనవచ్చు...”

అవును. జలపాతశక్తి, విద్యుచ్ఛక్తి — ఇవేకాదు, ఇంకా అనేకంగా మనకు లభ్యమయే శక్తులన్నీ, ప్రత్యక్షంగానో, పరోక్షంగానో సూర్యశక్తి ద్వారా సాధ్యమవుతున్నవే. ఉదాహరణకు: మనం కట్టెలుకాల్చి నీరు కాచుకుంటాం, వంటచేసుకుంటాం. రాక్షసి (నేల) బొగ్గు కాల్చి ఆవిరి శక్తి ఉత్పత్తిచేసి, రైల్వే, స్ట్రీటుల్లా, పెద్దపెద్ద మరలూ, ఫ్యాక్రీలూ నడుపుతాం. మోటారుకార్లు, ఓడలూ, విమానాలూ

నాలూ, తదితర వాహనాలూ నడవడానికి పెట్రోలియం, డీజెల్ నూనె ఉపయోగిస్తాం. కాని, పెట్రోలూ, బొగ్గు, కట్టెలూ మొదలైన ఇంధనాలను మనం దహించేటప్పుడు వాటిలో నిక్షిప్తమైఉన్న సూర్యశక్తినే బహిర్గతం చేస్తున్నామని మీకు తెలుసునా!

“అదేలాగ?” అని భాస్కర్ అడిగిఉండవచ్చు. మీరూ అడగవచ్చు. ఇదుగో దానికి సమాధానం :

మొక్కలకూ, చెట్లకూ ఉండే ఆకులలోని ఆకుపచ్చ రంగుమనకందరికీ తెలిసినదే. క్లోరోఫిల్ అనే రసాయనం ఉండ



### పటము 1

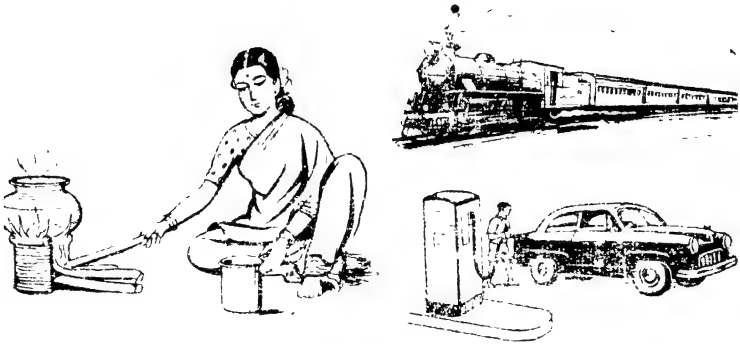
“జీవనదాత సూర్యుడు”: చల్లు సూర్యరశ్మి సహాయంతో ఆహారం ఉత్పత్తిచేసి, ప్రాణవాయువును బయటికి వదులుతాయి. సూర్యరశ్మి లేకపోతే మొక్కలూ, ప్రాణులూ సంభవించవు.

డంచేత ఈరంగు కలుగుతున్నది. ఏ ఇతరప్రాణికి లేని ఒక అపూర్వమూ, అద్భుతమూ అయిన గుణం ఈ క్లోరోఫిల్ లో ఉన్నది. ఆకులపై సూర్యరశ్మి పడేటప్పుడు, ఈ క్లోరోఫిల్ ఆసూర్యరశ్మి సహాయంతో వాతావరణంలోంచి కార్బన్ డై ఆక్సైడును గ్రహించి, దాన్ని కార్బనుగానూ, ఆక్సిజనుగానూ విడగొడుతుంది. ఆక్సిజను “శ్వాస” రూపంలో బయటికిపోతుంది. కాని కార్బను దిగబడుతుంది. చెట్టు వేళ్లనుంచి పీల్చుకునే నీటితో ఈ కార్బను సంయోగంపొంది కార్బోహైడ్రేట్ (పిండిపదార్థం) అనే ఆహారపదార్థం ఏర్పడుతుంది. ఈ ఆహారంతోనే చిన్న మొక్క క్రమంగా మహా వృక్షంగా పెరుగుతుంది. ఆకులలో ఉండే ఆకుపచ్చరంగు పదార్థం సూర్యరశ్మి సహాయంతో చెట్టుకు అవసరమైన ఆహారపదార్థాన్ని ఉత్పత్తిచేసే ప్రక్రియను ఫోటోసింథెసిస్ (కిరణజన్యసంయోగక్రియ) అంటారు.

కనుక, ఈ ఫోటోసింథెసిస్ వల్ల రెండు ప్రయోజనాలు చేకూరుతున్నాయి: ఒకటి, మన మనుగడకు అత్యవసరమైన ఆక్సిజన్ (ప్రాణ వాయువు) విడుదల అవుతున్నది. రెండు, వాతావరణంనుంచి ఆహారపదార్థం ఉత్పత్తి అయి మొక్కలూ, చెట్లూ పెరగడానికి ఉపయోగపడుతున్నది. మనం చెట్లను కొట్టి దహించినప్పుడు, సూర్యరశ్మితో తయారైన కార్బను ఆక్సిజనుతో చేరి మండి, ఉష్ణశక్తిని లభ్యం చేస్తున్నది. కొయ్య మాత్రమేకాదు, కాల্পదగిన ఎండు

టాకులూ, కాగితమూ, వస్త్రమూ మొదలైన ప్రతివస్తువూ ప్రత్యక్షంగానో, పరోక్షంగానో ఫోటోసింగ్ లెసిస్ ద్వారా ఉత్పత్తి అయినదే.

అనేక కోట్ల సంవత్సరాల క్రితం. ఈభూమిపైన మనిషి గాని, జంతువుగాని అవతరించక పూర్వం, ప్రపంచమంతట ఉండిన చిత్తడినేలల్లో బ్రహ్మాండమైన అరణ్యాలు దట్టంగా పెరిగి ఉండేవి. కాలక్రమాన ఈ అరణ్యాలు శిథిలమై రొచ్చులో కూడుకుపోయాయి. లక్షలకొద్దీ ఏళ్లుగడుస్తూం దగా వాటిపైన కొన్నివందల అడుగుల ఎత్తున మట్టి, ఘాళి,



పటము 2

“నిక్షిప్తమై ఉన్న సూర్యరశ్మి” : వంటచెరుకూ, బొగ్గూ, పెట్రోలూ—అన్నీ సూర్యశక్తి నిక్షేపాలే. వాటిని దహించినప్పుడు వాటిలోని శక్తి విడుదల అవుతుంది.

చెత్తా పేరుతూవచ్చినవి. ఈవిధంగా తీవ్రమైన ఒత్తిడికి, భూమిలోని వేడికి గురి అయిన వృక్షజాలం, ఇన్నికోట్ల సంవత్సరాలమీద, భూ స్వభావాన్నీ, ఒత్తిడినీ బట్టి పెట్రోలియం నిక్షేపాలుగానూ, బొగ్గు నిక్షేపాలుగానూ మారిన సంగతి సర్వవిదితమే.

కనుక, మనం కిట్టెలూ, బొగ్గు, కిరసనాయిలూ, పెట్రోలూ దహించేటప్పుడు, వాటిలో అనేక కోట్ల సంవత్సరాల క్రితం నిక్షిప్తమయిన సూర్యరశ్మిని విడుదలచేస్తున్నామన్నమాట.

మీరెక్కడైనా ఎత్తయిన ఇనప స్తంభాలపైన గాలికి తిరిగే పెద్ద మరలను చూసిఉండవచ్చు. గాలితోపుడుకు ఈ మరలు తిరిగేటప్పుడు, వాటిని సంధించిఉండే పిట్టలు పైకి కిందికి ఆడి, నీటిని పైకితోడుతాయి. యూరపుదేశాలలో, ముఖ్యంగా బెలియం, హాలండు దేశాలలో, చాలా గాలి మరలు వాము శక్తితో నడుస్తాయి. ఇదికూడా సూర్యశక్తి ఫలితమే.

అసలు భూమిమీద గాలి ఎందుకు వీస్తుంది? ఎండకు వేడెక్కిన గాలి వ్యాకోచంపొంది పైకిలేస్తుంది. ఇందునల్ల వాయువీడనం తగ్గేసరికి చల్లని ప్రాంతాలనుంచి గాలి ప్రసారమైవచ్చి వీడనాన్ని సరిచేస్తుంది. మారుతా లిలాగే ఏర్పడతాయి. (వాయు వీడనం మరి తెగిపోయినప్పుడు

తుపాను కలుగుతుంది.) ఈ మాదతిశక్తివల్లనే గాలిమర నడుస్తుంది. •

సముద్ర నౌకలలో సూర్యుడి వేడి సహాయంతో సముద్రజలాన్ని బట్టి పట్టి మంచినీరు తయారుచేస్తారు. ఉష్ణ మండలంలో సూర్యుడి వేడితోవంట చేస్తున్నారు, యంత్రాలు నడుపుతున్నారు.

అది అలా ఉంచి, భూమిపై గల జీవకోటి నంతటినీ సూర్యశక్తి. కాపాడుతున్నదని జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. సూర్యుడి కాంతి, వేడి లేకపోతే భూమిమీద ఒక్క మొక్క కూడా పెరగదు. ప్రాణులు మొక్కలనో, మాంసాన్నో తిని జీవిస్తాయి. అందుచేత, మొక్కలు గనుక లేకపోతే భూమి మీదగల జంతువులన్నీ ఆహారంకొరకు ఒకదాన్నొకటి చంపుకు తిని అంతరించిపోతాయి.

సూర్యరశ్మిద్వారా ఫోటోసింతెసిస్ జరిగి, మనం జీవించడానికి అత్యవసరమైన ఆక్సిజన్ వెలువడుతున్నది.

కనుక మానవుడూ, జంతువులూ, వృక్షజాతులూ కూడా సూర్యశక్తి సహాయంవల్లనే భూమిపై మనగలుగు తున్నాయి. వాటికి ఆహారమూ, పీల్చడానికి ప్రాణ వాయువూ, జీవితానికి అవసరమైన వేడి, వెలుగూ సూర్యుడి నుంచే లభిస్తున్నాయి. సూర్యుడే లేకపోతే భూమి జీవరహిత ప్రపంచమవుతుంది. కనుకనే, భూమిమీద జీవించడానికి



సూర్యుడెంత అవసరమో గ్రహించిన ఆది మానవుడు ఆ సూర్యుణ్ణి దేవుడుగా భావించి ఆరాధించాడంటే అందులో ఆశ్చర్యం లేదు.

జీవనాధారమైన ఈ శక్తిని సూర్యుడు భూమికి ప్రసాదిస్తున్నాడా, లేక ఇతరలోకాలకుకూడా ఇస్తున్నాడా? సూర్యగోళం నుండి ఎంత శక్తి వెలువడుతున్నది? ఎంత కాలంగా ఈ శక్తి వెలువడుతున్నది? సూర్యుడిలో ఈ శక్తి ఎలా పుడుతున్నది? ఈ చిక్కు ప్రశ్నలను పై ప్రకరణంలో చర్చింతాం.

## 2. సూర్య శ

సూర్యుడు ఒక బ్రహ్మాండమైన అన్నిగోళం. దాని వ్యాసం నిడివి సుమారు 8,66,000 మైళ్లు. అంటే, దాని ఘనపరిమాణం మన భూమికి 13 లక్షల రెట్లు. దాని ఉపరి భాగానగల ఉష్ణోగ్రత సుమారు 6,000 సెంటిగ్రేడు డిగ్రీలుంటుందని నమ్మబట్టారు. పౌయ్యిలో కట్టెలుకాల్చితే సుమారు 1,000 సెం. డిగ్రీల వేడి ఉద్భవిస్తుంది. ప్రపంచంలో “కార్బన్ ఆర్క్” ద్వారా లభ్యమయే అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత 4,000 సెం. డిగ్రీలు. అన్నిలోహాలకన్న హెచ్చు వేడికి తట్టుకోగల టంగ్స్టన్ లోహం 3,380 సెం. డిగ్రీలకు కరుగుతుంది. ఇంత వేడికి తట్టుకోగల టంగ్స్టన్ లోహాన్ని సూర్యుడి ఉపరిభాగానికి తీసుకుపోయినట్లయితే, అది కాస్తా కరిగి క్షణంలో ఆవిరి అయిపోతుంది. సూర్యుడి ఉపరి భాగానగల వేడి అలాంటిది. సూర్యుడిలోపల ఉండే ఉష్ణో

గ్రత సుమారు రెండుకోట్ల సెంటిగ్రేడు డిగ్రీలుంటుందని అంచనావేశారు. ఈ అపారమైన వేడిఫలితంగానే సూర్యుడి నుంచి అనుక్షణము శక్తి వెలువడి, అన్నివైపులకూ ప్రసరించు తున్నది.

ఉష్ణశక్తిని కొలవడానికి “కాలారి” అనే దాన్ని ప్రమాణంగా వాడుతారు. ఒక గ్రాము బరువుగల నీటియొక్క ఉష్ణోగ్రతను ఒక సెంటిగ్రేడు డిగ్రీ పెంచడానికి అవసరమయే వేడి ఒక “కాలారి”. మన భూమి పైభాగాన ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరుస్థలంమీదా నిమిషానికి సుమారు రెండు కాలారీల వేడి పడుతున్నది. అంటే, 40 అడుగుల నిడివీ, 30 అడుగుల వెడల్పాగల మనదొడ్డిలో ఒకరోజులోపడే సూర్య శక్తి, 40 కూపాయలకట్టైలు కాల్చితే లభించే శక్తికి సమానమన్నమాట. ఒక చదరపుమైలు ప్రదేశంమీద పడే సూర్య శక్తి 46,90,000 హార్సపవరుకు సమానం. ఒక్కరోజులో భూమికి లభించే సూర్యశక్తి, భూమిలోగల బొగ్గా, పెట్రోలియం వగైరా సమస్త ఇంధనాలనూ అనేక వేల ఏళ్లుదహించడంవల్ల ఉద్భవించే శక్తితో సమానం! ఇంత అపారమైన శక్తి ఎల్లప్పుడూ తరగకుండా లభ్యమవుతున్నప్పటికీ, దానిని పూర్తిగా వినియోగపరచే సాధనాలు ఇంకా ఏర్పాటుకాలేదు.

ఇంత శక్తి మన భూమికి చేరేది మాత్రమే, సూర్యగోళం ఇంతశక్తిని అన్నివైపులకూ ప్రసరిస్తున్నది. అలాంటప్పుడు సూర్యుడు ప్రసరించే మొత్తం శక్తి ప్రమాణం ఏపాటి

ఉంటుంది? ఇది గుణించడానికి మనం సూర్యుడు కేంద్రం గానూ, సూర్యుడికి భూమికి మధ్యగల 9 కోట్ల మైళ్లదూరం అర్థవ్యాసం (radius) గానూ ఒకగోళాన్ని రచించాలి. సూర్యశక్తి ఏప్రమాణంలో భూమిని చేరుతున్నదో, అదే ప్రమాణంలో మనం రచించిన గోళంయొక్క ఉపరితల మంటెటూ వుతుంది. ఇది మనసులో ఉంచుకుని గుణించి నట్టయితే, సూర్యుడు ప్రతి ఒక సెకండు కాలంలోనూ  $9 \times 10^{25}$  కాలోరీలశక్తిని తనకిరణాలద్వారా ప్రసారం చేస్తున్నట్లు స్పష్టమవుతుంది! ప్రసిద్ధమైన ఐక్స్‌ట్రయిన్ సిద్ధాంతం ప్రకారం, ఈ ప్రసారం ఫలితంగా సూర్యుడిలోని ద్రవ్యం సెకండుకు 40 లక్షల బన్నుల చొప్పున తిరిగిపోతూ ఉండాలి! అంటే, సూర్యునిలోని ద్రవ్యంలో 40 లక్షల బన్నులు ప్రతి సెకండు కాలంలోనూ శక్తిగా మారి, ప్రసారమై

\* భౌతిక, నక్షత్ర శాస్త్రాలలో పెద్దసంఖ్యలు అవసరమవుతాయి. వాటిని లిఖించడానికి 10 యొక్క ఘాతాలను వాడుతారు. ఉదాహరణకు  $10^2$  అంటే 100,  $9 \times 10^5$  అంటే 9,00,000,  $9 \times 10^{25}$  అంటే 9 తరువాత 25 సున్నాలు! అంటే 90 వేల కోటికోటికోట్లు! పరమాణు పదార్థశాస్త్రంలో అతి సూక్ష్మమైన సంఖ్యలు అవసరమవుతాయి. వాటిని నిర్దేశించడానికి 10 యొక్క విలోమ ఘాతాలను వాడుతారు.  $10^{-1}$  అంటే అంటే  $\frac{1}{10}$  లేక దశాంశంలో 0.1,  $10^{-6}$  అంటే .000001,  $1.6 \times 10^{-24}$  అంటే దశాంశబిందువు తరువాత 23 సున్నాలు పెట్టి వాటిచివర 16, లేక .0000 (22 సున్నాలు) 16.

పోతున్నది ! అయితే మనం కంగారుపడ నవసరం లేదు. ఇదే వేగంతో సూర్యుడిలోని ద్రవ్యం హరించుతూ పోయి నప్పటికీ, మరొక వెయ్యికోట్ల ఏళ్లదాకా ఈ ఉష్ణశక్తి ప్రసారం సాగుతూనే ఉంటుంది !

ఇంత అపారమైన శక్తి సూర్యగోళంలో ఎలా ఉత్పత్తి అవుతున్నది? పరమాణువుయొక్క రచనా, ఆటమ్ బాంబు తత్వమూ ముందు తెలుసుకుంటే ఈ సమస్య అవగాహన అవుతుంది. ఎందుకంటే సూర్యుడిలో శక్తి ఉత్పన్నమయే విధానం హైడ్రోజెన్ బాంబు పేలుడుకు కారణభూతమైన ప్రక్రియను పోలినదే. అనగా, సూర్యుడనే ఈ అగ్నిగోళం వాస్తవంలో నిలుకడగానూ, నింపాదిగానూ పేలుతున్న పెద్ద హైడ్రోజను బాంబు అన్నమాట.

పరమాణువు

పరమాణు ననేది ఏమిటి? ఒక పదార్థాన్ని విభజిస్తూ (లేక పొడిచేస్తూ) పోతే చివరకు విభజించడానికి సాధ్యం గాని అతిసూక్ష్మ కణం వస్తుంది. ప్రాచీన గ్రీకులు దానిని “ఆటమ్” అన్నారు, (గ్రీకుభాషలో “అ” అన్నది సంస్కృతంలోలాగే వ్యతిరేకార్థకం, “ఔమ్నా” అంటే భేదించడం. “ఆటమ్” అంటే “అభేద్యం”) ఈ “ఆటమ్” లు, లేక పరమాణువులు విడిగానూ, అణువులలో సమష్టి గానూ ఉంటాయని రసాయనశాస్త్రం చెబుతున్నది. ప్రపం

చంలోని ప్రతివస్తువూ—పుస్తకము, బల్లా, కుర్చీ, రాయి, చెట్టూ, జంటేవూ, నీవూ, నేనూ, సమస్తము—పరమాణువులు, అణువుల కూటములమే.

రసాయనవేత్తలు అభేద్యమని చెప్పిన పరమాణువును భౌతికశాస్త్రవేత్తలు ఛేదించారు. ఎలెక్ట్రాన్ అనే కణాన్ని అన్ని పదార్థాలూ వెలువరించగలవనీ, దానివెంట ఋణవిద్యుత్తు ఉంటుందనీ 1897 లో సర్ జె.జె. థాంప్సన్ అనే బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త కనిపెట్టాడు. దీని అనంతరం లార్డ్ రూథర్ ఫర్డ్ అనే మరొక బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త, పరమాణువు మధ్యలో ఒక కేంద్రకం ఉంటుందనీ, దాని వెంట ధనవిద్యుత్తు ఉంటుందనీ, ఎలెక్ట్రాన్ ఆ కేంద్రకం చుట్టూ పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుందనీ కనిపెట్టాడు. 1913 లో నీల్స్ బోర్ అనే డేనిషు శాస్త్రవేత్త, పరమాణువు నిర్మాణం సౌరకూటాన్ని పోలి ఉంటుందనీ, గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నట్లే, ఎలెక్ట్రానులు పరమాణుకేంద్రకం చుట్టూ తిరుగుతున్నాయనీ నిరూపించాడు. గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి, విద్యుదాకర్షణ ఫలితంగా ఎలెక్ట్రానులు పరమాణుకేంద్రకం చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.

అన్ని పరమాణువులలోకీ చిన్నది హైడ్రోజను పరమాణువు. దీని బరువు  $1.67 \times 10^{-24}$  గ్రాము. అంటే ఒకగ్రాముకు సుమారు రెండువేల కోటి కోటి కోట్ల హైడ్రో

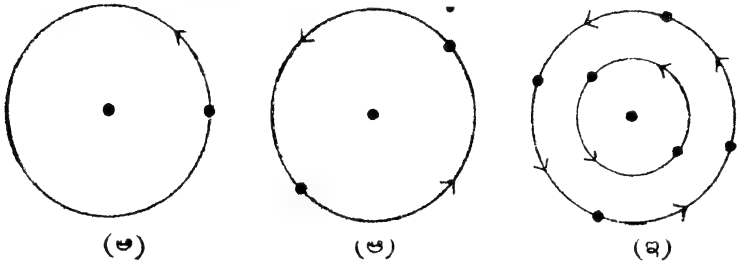
జను పరమాణువులు తూగుతాయన్నమాట. ఎలెక్ట్రాను బరువు హైడ్రోజను పరమాణువు బరువులో 1836 వ వంతు. మనకు తెలిసిన సూక్ష్మాతి సూక్ష్మకణం ఇదే.

హైడ్రోజను పరమాణుకేంద్రకాన్ని 'ప్రోటాను' అంటారు. దీనిచుట్టూ ఒకే ఒక ఎలెక్ట్రాను పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుంది.

ఈ రెంటికీ మధ్య ఉండే ఎడం సెంటిమీటరులో సుమారు  $10^{-8}$  వంతు. ప్రోటానులో ఉండే ధనవిద్యుత్తు ఆవేశం ఒక్క (యూనిట్) ప్రమాణంగలది. ఎలెక్ట్రానులో అంతే ఋణవిద్యుత్తు ఉండడంచేత రెండూ ఒకదాన్నొకటి తటస్థపరుచుకుంటాయి. కనుక పరమాణువు విద్యుచ్ఛక్తిని ప్రదర్శించదు. ప్రపంచంలో ఉండే పరమాణువులన్నీ విద్యుత్తు విషయంలో తటస్థమైనవే. వాటిలోపల ఉండే ధన, ఋణ విద్యుత్ప్రమాణాలు సమంగా ఉండడంచేత వాటిపై విద్యుత్తు కనబడదు. ప్రమాణంలో హైడ్రోజను తరువాత వచ్చే హీలియం పరమాణువుయొక్క కేంద్రకంలో రెండు ప్రోటానులుంటాయి. కేంద్రకంచుట్టూ రెండు ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయి. కనుక హీలియం పరమాణువు విద్యుత్తు విషయంలో తటస్థంగా ఉంటుంది. హీలియం తరువాత వచ్చే లిథియం పరమాణుకేంద్రకంలో మూడు ప్రోటానులుండి, వాటిచుట్టూ మూడు ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయి. బెరిలియం పరమాణుకేంద్రకంలో నాలుగు ప్రోటానులూ,

వాటిచుట్టూ తిరుగుతూ నాలుగు ఎలెక్ట్రానులూ ఉంటాయి. ఈ విధంగా పరమాణువుల ప్రమాణం పెరుగుతూ పోతుంది.

పరమాణు కేంద్రకంలోని విద్యుదావేశ ప్రమాణాల (electric charges) సంఖ్య పరమాణుసంఖ్యగా పరిగణించబడుతుంది. మూలపదార్థంయొక్క గుణాలు దాని పరమాణు సంఖ్యపై ఆధారపడతాయి. కార్బను పరమాణుసంఖ్య 6; నైట్రజను పరమాణుసంఖ్య 7; ఆక్సిజను పరమాణుసంఖ్య 8; యురేనియం లోహంయొక్క పరమాణుసంఖ్య 92. మూలకాలన్నిటి పరమాణుసంఖ్యలూ (ఈ అధ్యాయంలోనే) నెం. 1 దు పట్టికలో ఇవ్వబడ్డాయి.



పటము 3

పరమాణు రచన : (అ) హైడ్రోజను పరమాణువు, (ఆ) హీలియం పరమాణువు, (ఇ) కార్బను పరమాణువు.

పరమాణు కేంద్రకంలోపల విద్యుదావేశంగల ప్రోటానులతో బాటు న్యూట్రానులనే విద్యుదావేశరహిత కణాలు కూడా ఉన్నాయి. న్యూట్రాను బరువూ, ప్రోటాను బరువూ



ఇంచుమించు ఒకటే. కాగా దానివేంట విద్యుత్తు ఉండదు, హీలియం పరమాణుకేంద్రకంలో రెండు ప్రోటానులూ, రెండు న్యూట్రానులూ ఉంటాయి. అందుచేత దానిబరువు ప్రోటానుబరువుకు నాలుగింతలుంటుంది. ఈ బరువునే పరమాణు భారమంటారు. హీలియం పరమాణుభారం 4. దాని పరమాణు సంఖ్య 2 అని ముందే అనుకున్నాం. ఇదే విధంగా లిథియం పరమాణువులో 3 ప్రోటానులూ, 3 న్యూట్రానులూ ఉన్నాయి. అందుచేత దాని పరమాణుసంఖ్య 3; పరమాణు భారం 6. పరమాణుకేంద్రకం చుట్టూ ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయనికూడా తెలుసుకుని ఉన్నాం. ఘన మూలకాలలో ఒకటి అయిన యురేనియం పరమాణుకేంద్రకంలో 92 ప్రోటానులూ, 146 న్యూట్రానులూ ఉన్నాయి. కనుక దాని పరమాణుసంఖ్య 92 ; పరమాణు భారం 238. దాని కేంద్రకంచుట్టూ 92 ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయి. దానిలోని 92 ప్రమాణాల ధనవిద్యుత్తు ఎలెక్ట్రానులయొక్క 92 ప్రమాణాల ఋణవిద్యుత్తుచేత తటస్థపరచబడి, పరమాణువు విద్యుదావేశరహితంగా ఉంటుంది.

విశ్లేషణ

యురేనియం పరమాణుభారం 238 అనీ, దాని పరమాణు సంఖ్య 92 అనీ తెలుసుకున్నాం. అయితే కొన్ని యురేనియం పరమాణువులలో 143 న్యూట్రానులే ఉండ

టాయి. అందుచేత వాటి పరమాణుభారం 235 అవుతుంది. వాటిబరువు తక్కువైనప్పటికీ వాటి పరమాణుసంఖ్యమాత్రం 92 గానే ఉంటుంది. కనుక అవి యురేనియం పరమాణువులే ననడానికి సందేహంలేదు. రెండు రకాల పరమాణువులూ ఒకే మూలకంయొక్క గుణాలు కలిగిఉండడంచేత వాటిని యురేనియం “ఐసోటోప్”లు అంటారు. వాటి సంకేతాలు యు-235, యు-238. గ్రీకు భాషలో “ఐసోటోప్” అంటే “ఒకే స్థానం (గుణాలు) కలవి” అని అర్థం.

### పరమాణువుల పరివర్తన

నీచ లోహాలను బంగారంగా మార్చడానికి రస వాదులు అనాదిగా యత్నిస్తూ వచ్చారు. వారు అపారమైన శీతోష్ణాలనూ, పీడనాన్నీ, “వాక్యూము”నూ, రాసాయనిక పరివర్తనలనూ, ఇంకా అనేక ప్రక్రియలనూ అవలంబించి చూశారు. కాని ఇవన్నీ విఫలమయ్యాయి. ఎందుకంటే ఈ ప్రయోగాలన్నిటిలోనూ పరమాణుకేంద్రకం చుట్టూ పరిభ్రమించే ఎలెక్ట్రానులలో మాత్రమే మార్పు జరిగింది. పరమాణుకేంద్రకం చెక్కుచెదరలేదు. పరమాణుసంఖ్యలో మార్పుకలిగితేతప్ప పరమాణువు గుణాలు మారవని తెలియవచ్చింది. 1919 లో మొట్టమొదటగా లార్డ్ రూథర్ ఫర్డ్ ఒక పరమాణువును విజయవంతంగా మరొక పరమాణువు కింద పరివర్తన చెందించాడు. నైట్రోజను పరమాణువులను

శక్తిమంతమైన “ఆల్బా” కణాలతో కొట్టగా ఆనైట్రాజను పరమాణువులు ఆక్సిజను పరమాణువుల కిందపరివర్తనం చెందాయి; వడి హెచ్చుగాగల ప్రోటానులు వెలువడ్డాయి. ఇదేవిధంగా ప్రపంచమంతటాగల ప్రయోగశాలలలో శాస్త్రవేత్తలు అనేకమూలకాలను వేరు మూలకాలుగా పరివర్తనపొందించారు. ఈపరమాణు పరివర్తనలో అమిత శక్తిమంతమైన ప్రోటానులు వెలువడ్డాయి. పరమాణుకేంద్ర కాలను ఛేదించడానికి ప్రయోగించిన ఆల్ఫాకీణాల శక్తికన్న ఈ ప్రోటానుల శక్తి హెచ్చు.

ఈ అదనపు శక్తి ఎక్కడినించి వచ్చిందంటుంది?

సుప్రసిద్ధ శాస్త్రజ్ఞుడు అల్బర్ట్ ఐన్ స్టయిన్ 1915 లో ఖ్యాతమైన సాపేక్షసిద్ధాంతం (theory of relativity) ప్రతిపాదించాడు. అందులో ఎన్నో కొత్తసూత్రాలూ, నిర్ణయాలూ ఉన్నాయి. వాటిలో ఒకటి ఏమిటంటే, పదార్థాన్ని ఎలాగైనా శక్తికింద మార్చగలిగితే అంతేలేని శక్తి లభ్యమవుతుందని. ఆయన ఈవిషయాన్ని  $E=mc^2$  అన్న సమీకరణంలో సూత్రీకరించాడు. ఇందులో  $E$  వెలువడే శక్తిని,  $m$  పదార్థంయొక్క బరువునూ,  $c$  కాంతియొక్క వేగాన్నీ సూచిస్తాయి. కాంతియొక్క వేగం ఘనసంఖ్య (నెకండుకు  $3 \times 10^{10}$  సెంటిమీటర్లు). కనుక కొద్ది పదార్థాన్నే నిశ్చయించినప్పటికీ చాలాహెచ్చుశక్తి లభిస్తుందని స్పష్టమవుతుంది. ఉదాహరణకు, ఒక్కగ్రాము బరువుగల

పదార్థాన్ని శక్తిగా మార్చినట్టయితే సుమారు ఇరవై లక్షల కోట్ల కాలరీల శక్తి లభ్యమవుతుంది. మరొకవిధంగా చెప్పాలంటే 40 వేల టన్నులబొగ్గు కాలితే లభించే శక్తికి అది సమానం. అయితే పదార్థాన్ని శక్తికింద మార్చడం మెలాగో ఎవరికీ తెలియలేదు.

అందుచేత, పై స చెప్పిన పరమాణుపరివర్తన ప్రయోగాలలో ఆరంభంలో ఉండిన శక్తికన్న ప్రయోగాంతంలో హెచ్చు శక్తి లభ్యం కావడం గమనించిన శాస్త్రవేత్తలు, ఎన్ స్టయిన్ చెప్పిన ప్రకారం పదార్థం శక్తిగా మారుతూ ఉండవచ్చుననుకున్నారు. 1932 లో కాక్రౌఫ్ట్, వాల్టన్ అనే ఇద్దరు బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్తలు లీలియం పరమాణువుపై ప్రోటానులను ప్రయోగించి ఛేదించి, అతిశక్తిమంతమైన “ఆల్ఫా” కణాలను ఉత్పత్తిచేశారు. ఈ ప్రయోగంలో ఉపయోగించిన ప్రోటాను, లీలియం పరమాణువులు రెంటి బరువుకన్నా ఆల్ఫా కణం బరువు కొంచెం తక్కువగా ఉండినది. లోపించిన బరువు ఏమైనట్టు? లోపించిన బరువు కాంతివేగం చేత రెండు సార్లు గుణించగా వచ్చిన మొత్తం ఆల్ఫా కణం వెంట ఉన్న గతిశక్తికి సమంగా ఉన్నది. కనుక పదార్థం శక్తికింద మారినట్టు రూఢిగా తేలిపోయింది. ఇదేవిధంగా, పరమాణుపరివర్తన జరిగిన ప్రయోగాలన్నిటిలోనూ కొద్ది పదార్థం నిర్మూలమై హెచ్చు శక్తికింద మారిన సంగతి నిస్సంశయంగా నిరూపణ అయింది.

## పట్టిక 1

## పరమాణు సంఖ్యల పట్టిక

పర- మాణు సంఖ్య	మూలకం	సం- కేతం	పర- మాణు భారం	ఐసో- టోప్లు
1	హైడ్రోజను	H	1.0081	1, 2
2	హీలియం	He	4.003	4, 3
3	లిథియం	Li	6.94	7, 6
4	బెరిలియం	Be	9.02	9, 8
5	బొరాన్	B	10.82	11, 10
6	కార్బను	C	12.01	12, 13
7	నైట్రోజను	N	14.008	14, 15
8	ఆక్సిజను	O	16.000	16, 18, 17
9	ఫ్లోరిన్	F	19.000	19
10	నియాన్	Ne	20.183	20, 22, 21
11	సోడియం	Na	22.997	23
12	మెగ్నీషియం	Mg	24.32	24, 25, 26
13	అల్యూమినియం	Al	26.97	27
14	సిలికాన్	Si	28.06	28, 29, 30
15	ఫాస్ఫరస్	P	30.98	31
16	సల్ఫరు	S	32.06	32, 34, 33, 36
17	క్లోరిన్	Cl	35.457	35, 37
18	ఆర్గాన్	Ar	39.944	30, 36, 38
19	పొటాసియం	K	39.096	39, 41, 40

పరమాణు సంఖ్య	పరమాణు లక్షణములు	పరమాణు భారము	బహుళము
20	కాల్షియం	Ca 40.08	40, 44, 42, 48
26	ఇనుము	Fe 55.85	56, 54, 57, 58
27	కోబాల్ట్	Co 58.94	59
28	నికెల్	Ni 58.69	58, 60, 62, 61
29	కాపర్	Cu 63.57	63, 65
30	జింక్	Zn 65.37	64, 66, 68, 67
34	సెలీనియం	Se 78.96	80, 78, 76, 82
35	బ్రోమిన్	Br 79.916	79, 81
36	క్రీప్టాన్	Kr 83.7	84, 86, 82, 83
37	రుబీడియం	Rb 85.47	85, 87
38	స్ట్రాంటియం	Sr 87.62	88, 86, 87, 84
47	వెంటి	Ag 107.88	107, 109
48	కాడ్మియం	Cd 112.41	114, 112, 111, 110
49	ఇండియం	In 114.76	115, 113
50	టెన్గెస్ట్	Sn 118.70	120, 118, 116, 119
51	అంటిమోనీ	Sb 121.76	121, 123
53	అయోడిన్	I 126.92	127
54	క్సిలెన్	Xe 131.3	132, 129, 131, 134
55	సీజియం	Cs 132.91	133

పర- మాణు సంఖ్య	మూలకం	సం- కేతనం	పర- మాణు భారం	ఐసో- టోప్లు
56	బేరియం	Ba	137.36	138, 137, 136
57	లంటానం	La	138.92	139, 138
74	టంగ్స్టన్	W	183.92	184, 186, 182
75	రీనియం	Re	186.31	187, 185
76	ఆస్మియం	Os	190.2	192, 190, 189
77	ఇరిడియం	Ir	193.1	193, 191
78	ప్లాటినం	Pt	195.23	195, 194, 196
79	బంగారం	Au	197.2	197
80	సాదరసం	Hg	200.61	202, 200, 199
81	థెలూరియం	Te	204.39	205, 203
82	సీసం	Pb	207.21	208, 206, 207
83	బిస్మత్	Bi	209.0	209, 210, 211
84*	పొలోనియం	Po	210	
85*	ఆస్టోటిన్	At	211	
86*	రేడాన్	Rn	222.0	222
87*	ఫ్రాన్సియం	Fr	223	
88*	రేషియం	Ra	226.05	223, 224, 226
89*	ఆక్టినియం	Ac	227.05	222
90*	థోరియం	Th	232.12	237
91	ప్రోటెక్టినియం	Pa	231	231
92*	యూరేనియం	U	238.07	238, 235, 234
93*	నెప్ట్యూనియం	Np		

పర- మాణు సంఖ్య	మూలతిం	సం- కేతం	పర- మాణు భారం	సపో- టోప్
94*	ప్లూటోనియం	Pu		
95*	అమెరిసియం	Am		
96*	క్యూరియం	Cu		
97*	బర్క్లియం	Bk		
98*	కాలిఫోర్నియం	Ca		
99*	ఎస్ సయిలియం	E		
100*	ఫెర్మియం	Fe		
101*	మెండెలివియం	Mv		
102*	నోబీలియం			
103*	లారెన్సియం			



ఆటం బాంబు

భారమైన మూలకాలలో చేరిన యురేనియం పరమాణుకేంద్రాన్ని న్యూట్రానులతో ఛేదించగా మరొకవిధమైన ఫలితం ఏర్పడింది. యురేనియం కేంద్రకం రెండుగా చీలి, పూర్వం ఎన్నడూ వెలువడనంత అత్యధిక శక్తిని వెలువరించింది. అంతేగాక ఈ “ఫిషన్” ఫలితంగా రెండు, మూడు కొత్త న్యూట్రానులు కూడా వెలువడ్డాయి. ఆ న్యూట్రానులు మరిరెండు యురేనియంపరమాణువులను ఛేదించడమూ, వాటికేంద్రకాలు చీలి, అంతు లేని శక్తితో శాటునాలుగు న్యూట్రానులు వెలువడడమూ జరుగుతుంది. వీటి సంఖ్య ఎనిమిదికీ, పడహారుకూ, ముప్పైరెండుకూ, అలా పెరుగుకుంటూపోతుంది. ఈ పరిణామం పూర్తి కావడానికి సెకండులో వెయ్యోవంతుకాలం చాలు. అందుచేత ఊణకాలంలో శక్తి యావత్తూ పేలుడురూపంలో విడుదల అవుతుంది. ఈ సూత్రంమీదనే ఆటంబాంబు ఆధారపడింది. బ్రహ్మాండమైన ఆటంబాంబు పేలుడు ఫలితంగా ఏర్పడే ఉష్ణోగ్రత 15 కోట్ల డిగ్రీలని అంచనా వేయబడింది, —అంటే, సూర్యుడి అంతర్భాగంలో ఉండేవేడికి ఏడింతలన్నమాట!

అలా అయిన పక్షంలో ప్రపంచంలోని యురేనియంమంతా కొన్నివందల కోట్ల ఏళ్లక్రితమే ఎందుకు పేలిపోలేదని అడగవచ్చు. అందుకు లెక్క కారణం లేకపోలేదు.

అదృష్టవశాత్తు యురేనియంలో యు-238, యు-235 అనే రెండు ఐసోటోపులున్నాయి. (ఈప్రకరణంలోని 17-వ పేజీ చూడండి). వీటిలో యు-235 మాత్రమే 'ఫిషన్'కు గురి అయి శక్తిని వెలువరిస్తుంది ; యు-238 న్యూట్రానులను సంగ్రహించి వేరు మార్పు చెందుతుందిగాని, విచ్ఛిత్తి పొందదు. ప్రకృతిలో లభించే యురేనియం మొత్తంలో యు-235 ఉన్నది 140 వ వంతుమాత్రమే. మిగిలిన 139 వంతులూ విచ్ఛిత్తి పొందని యు-238. కనుక, రెండు ఐసోటోపులనూ జాగ్రత్తగా వేరు పరచాలి, శుద్ధమైన యు-235 తగినంత పొందేసప్పుడే అది ఆటంకాంబుగా పేలుతుంది. యురేనియమును అవసరమైనంత మొత్తాలలో సేకరించడం చాలాకష్టం. దాన్ని సేకరించినప్పుడుకూడా, యు-238 నుంచి యు 235 ను పూర్తిగా వేరుచేయడం దుర్లభమైనపని. అందుచేతనే, వాతావరణంలో కావలసినన్ని న్యూట్రానులున్నప్పటికీ, అవి యురేనియంపరమాణువులను ఛేదించి, ప్రపంచంలో ఉండే యురేనియమంతా దానంతట అదే పేలిపోవడం జరిగలేదు.

## హైడ్రోజను బాంబు

ఆటంకాంబు సృష్టి అయిన ఏడు సంవత్సరాలలోపల అంతకంటే విధ్వంసకమైన బాంబు హైడ్రోజను బాంబు—

తయారయింది. హైద్రాబాదు వాయువుకు 50 లక్షల సెంటి గ్రేడు డిగ్రీల వేడి కలిగించినట్లయితే, హైద్రాబాదు పరమాణుకేంద్రకాలు ఒకదానితో ఒకటి సంయోగంపొంది హీలియంపరమాణుకేంద్రకాలుగా పరివర్తన చెందుతాయి. నాలుగు హైద్రాబాదు పరమాణుకేంద్రకాలు కలిస్తే ఒక హీలియం పరమాణుకేంద్రకం ఏర్పడుతుంది. అయితే ఇలా ఏర్పడ్డ హీలియం కేంద్రకం బరువు నాలుగు హైద్రాబాదుకేంద్రకాల బరువుకన్న కొంచెం తగ్గిఉంటుంది. తగ్గిఉండేబరువు శక్తి రూపంలో వెలువడుతుంది. అందుచేత, హైద్రాబాదును హెచ్చుప్రమాణంలో తీసుకుని అందులో ఒక చిన్నయురేనియంబాంబు పేల్చినట్లయితే, అందువల్ల ఉద్భవించే 2, 3 కోట్ల డిగ్రీల వేడికి హైద్రాబాదుకేంద్రకాలు సంయోగం పొంది, త్వణంలో బ్రహ్మాండమైన పేలుడు సంభవిస్తుంది. అది ఆటంబాంబు పేలుడుకన్న ఒక వెయ్యిరెట్లు ప్రబలంగా ఉంటుంది.

ఆటంబాంబూ, హైద్రాబాదు బాంబూ పేలి అపారమైన శక్తి విడుదల కావడానికి సెకండులో ఒకభాగం కన్న పట్టదు గనుక, అవి విధ్వంసనానికి మాత్రమే ఉపయోగపడతాయి. పేలుడును అదుపులో ఉంచి, శక్తి కొంచెం కొంచెంగా విడుదల అయ్యేటట్లు చేసినట్లయితే, ఆ శక్తి ఘాతరీలకూ, ఇల్లల్లోకీ, నౌకలకూ ఉపయోగిస్తుంది. నీటిలో ఉండే ప్రధాన పదార్థం హైద్రాబాదు. అందుచేత మనం

పరమాణుశక్తిని అదుపులో ఉంచి నిర్దిష్టక్రమంలో విడుదల చేసేమార్గం కనిపెట్టగలిగితే ప్రపంచంలో శక్తికి కొరత ఉండదు. పరమాణుశక్తి ఉత్పత్తి చెయ్యడానికి సముద్రజల మంతా లేదా? కాని పరమాణుశక్తిని అదుపుచేసే మార్గమే గొరకకుండా ఉన్నది.

## సూర్య శక్తి

సూర్యుడిలో శక్తి ఎలా పుడుతున్నదీ ఇప్పుడు మనం అర్థంచేసుకోగలం. సూర్యుడికిగల ఉత్తులైన బరువులో సుమారు 35 శాతం హైడ్రోజనేసని అంచనాకట్టారు. సూర్యుడిలోపలగల 2 కోట్ల సెంటిగ్రేడు డిగ్రీలను మించిన వేడి హైడ్రోజను బాంబుకు చాలును గదా, హైడ్రోజను పరమాణువులు ఏనాడో బ్రహ్మాండంగాపేలిపోయి, సూర్యుడెందుకు నిర్మూలమైపోలేదు? దీనికి కూడా కారణం ఉన్నది.

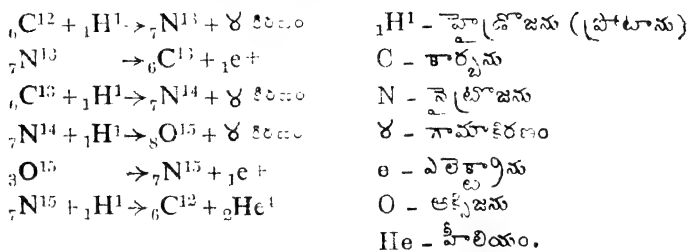
హైడ్రోజనులో మూడు ఐసోటోపు లున్నాయి, H-1, H-2, H-3. వీటిలోకెల్లా పుష్కలంగా ఉండేది H-1. మన ప్రపంచంలో ఉన్న హైడ్రోజనులో 99.93 శాతం H-1 ఐసోటోప్. మిగతా 0.02 శాతం మాత్రమే H-2 ఐసోటోప్. H-3 అస్థిరమైనది; కనుక ప్రకృతిలో లభించదు, అది కొన్ని పరమాణుప్రచక్రియలలో మాత్రమే ఉత్పత్తి అవుతుంది.

సూర్యగోళం కొత్తగా ఏర్పడినప్పుడది చల్లనిదే. అది సంకోచంపొంద నారంభించగానే దాని ఉష్ణస్థితి హెచ్చింది; ఈవిషయాలు అయిదవప్రకరణంలో వివరించబడ్డాయి. దాని ఉష్ణోగ్రత సుమారు మిలియను (పది లక్షల) సెంటిగ్రేడు డిగ్రీలకు పెరిగేసరికి H-1, H-2 ఐసోటోపులు సంయోగం పొంది శక్తిని విడుదలచేశాయి. H-2 అంతా వినియోగమై పోగానే సూర్యగోళం తిరిగి సంకోచం పొందసాగింది. ఉష్ణోగ్రత హెచ్చింది. అది మూడు మిలియనుల డిగ్రీలకుపై బడినప్పుడు H-1 పరమాణువులు లిథియం, బెరిలియంల పరమాణువులతో సంయోగం పొంది, అపారమైనశక్తిని వెలువరించాయి. ఈ పరమాణువులుకూడా అయిపోయినాక సూర్యగోళం తిరిగి సంకోచంపొందసాగింది. ఉష్ణోగ్రత ఇంకా పెరిగింది. అది రెండుకోట్ల డిగ్రీల ప్రాంతానికి పెరిగినాక, హైడ్రోజను కేంద్రకానికి చెందిన ప్రోటాను కార్బను, నైట్రోజనుల కేంద్రకాలతో సంయోగంపొంది అంతులేని శక్తిని విడుదలచేసింది. ఇదంతా కేవలమూ ఊహాజనితంలాగా కనిపించినప్పటికీ, శాస్త్రవేత్తలు ప్రపంచమంతటాగల ప్రయోగశాలలలో ఈపరమాణు ప్రతిక్రియలన్నీ సాధించి, ఫలితాలు నిరూపించారు. ఈ ఫలితాలన్నిటినీ సమీకరించి, సూర్యగోళం అంతర్భాగంలో జరుగుతూఉండదగిన ప్రతి

క్రియాపరంపరలను అనేకంగా అంచనాకట్టాడు. వానిలో అత్యంత సంభావ్యంగా భావించబడినవి దిగువ సూచించబడినవి \* :

ఈ ప్రతిక్రియలను ఇంచుమించు ఏకకాలమందే, అంటే 1939 లో, హాన్స్ బెతే (Hans Bethe) అనే అమెరికను శాస్త్రవేత్త, కార్ల్ వైత్సాకర్ (Carl Weizsacker) అనే జర్మను శాస్త్రవేత్త ప్రతిపాదించాడు. వారు సూచించిన కేంద్రకప్రతిక్రియలను సంగ్రహంగామాత్రమే ఇక్కడ చూతాం. దిగువసూచించిన సమీకరణాలు ప్రతిక్రియలను మరింతస్పష్టంగా వివరిస్తాయి.

\* సూర్యుడిలో కలుగుతూ ఉండదగిన ప్రతిక్రియలు :



ఎడమపక్క దిగువగా ఇచ్చిన సంఖ్య పరమాణుసంఖ్య ; కుడి పక్కన ఎగువగా ఇచ్చినది పరమాణుభారం. ఎలక్ట్రానుకు పరమాణు సంఖ్య ఉంటుందిగాని, పరమాణుభారం ఉండదు. గామా కిరణానికి పరమాణుసంఖ్యగాని, పరమాణుభారంగాని ఉండదు, అయితే శక్తి ఉంటుంది.

బెరీ, నైట్రోకార్బల సిద్ధాంతప్రకారం, సూర్యుడిలో ఉండే రెండుకోట్ల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతకు హైడ్రోజను పరమాణుకేంద్రకం (ప్రోటాను) కార్బను 12 పరమాణుకేంద్రకాన్ని బలంగాకొట్టి, దానిని నైట్రోజను 13 కేంద్రకంగా మార్చుతుంది. ఈ ప్రతిక్రియ జరిగే సమయంలో ఒక పాజిట్రాను, అనగా ధనవిద్యుదావేశంగల ఎలెక్ట్రాను ( $e^+$ ) వెలువడి, నైట్రోజను పరమాణువు కార్బను-13 గా మారుతుంది. మరొక ప్రోటానుచేత కొట్టబడి ఈ కార్బను-13 నైట్రోజను-14 కేంద్రకంగా మారుతుంది.

ఇదేవిధంగా ప్రోటాను సంఘటన ద్వారా ఆక్సిజను-15 ఉత్పత్తి అయి, నైట్రోజను-15 గా మారి, చిట్టచివర కా నైట్రోజను-15 చీలి రెండు ఖండాలువుతుంది. ఒక ఖండం హీలియం-4 కేంద్రకం, రెండవది కార్బను-12. ప్రతిక్రియ లారంభమయేది ఈదశలోనే గనుక, కార్బను పరమాణువు ఆ ప్రతిక్రియలనన్నిటినీ పునఃప్రారంభిస్తుంది. ఈ ప్రతిక్రియల నికరఫలితమేమంటే, నాలుగుప్రోటానులు ఏకమై హీలియం పరమాణుకేంద్రకం ఏర్పడడం. హీలియంకేంద్రకం బరువు కన్న ప్రోటానులబరువు కొంచెం హెచ్చుగా ఉంటుంది. తరిగిపోయిన ద్రవ్యం బోలెడంతేజ్వలిగా వెలువడుతుంది.

పైన చెప్పిన ప్రతిక్రియలన్నీ పరిశోధనా ప్రయోగశాలలలో రుజువయ్యాయి. ఏటిలో కొన్ని శీఘ్రంగానూ, మరికొన్ని మందంగానూ జరుగుతాయి. కార్బను - నైట్రో

జను పరమాణుపరివర్తనలద్వారా నాలుగుప్రోటానులు ఏకమై ఒక హీలియం పరమాణువు ఏర్పడి, ప్రతిక్రియల వలయం పూర్తి అయి, ఆదిలో ఉండిన కార్బను పరమాణువు మళ్ళీ అవతరించడానికి 50 లక్షల సంవత్సరాలు పడుతుంది. అయితే సూర్యగోళంలో ప్రోటానులూ, కార్బను, నైట్రోజను పరమాణువులూ అసంఖ్యాకంగా ఉండడం చేత ఈ ప్రతిక్రియలు శీఘ్రమనంతోనే సాగుతున్నాయి. వీటి వేగం మరింతగా హెచ్చేపక్షంలో వివరితమైన శక్తి వెలువడి, ఈ ప్రపంచమూ, ఇతరగ్రహాలూ మాడిపోగలవు. ప్రతి ఒక సెకండు కాలంలోనూ సూర్యుడిలో 5640 లక్షల టన్నుల హైడ్రోజను 5600 లక్షల టన్నుల హీలియంగా పరివర్తన చెందుతున్నదని అంచనా వేశారు. అంటే, సెకండుకు 40 లక్షల టన్నుల ద్రవ్యం నిర్మూలమై,  $9 \times 10^{25}$  కాలోరీలకు సమమైన శక్తి ఉత్పత్తి అవుతున్నది.

సూర్యుడి ఉష్ణోగ్రత అంతగా ఎందుకు పెరిగిందో వివరించడానికి జర్మను శాస్త్రవేత్త హెల్మ్ హోల్ట్జ్ ఒక సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు. ఆసిద్ధాంతం యుక్తంగా నేకనబడుతున్నది. ఆసిద్ధాంతం ప్రకారం ఒకప్పుడు సూర్యుడు బ్రహ్మాండమైన వాయుగోళం, దానివ్యాసం ఇప్పుడున్నదానికి వెయ్యిం తలకు మించి ఉండేది. గురుత్వాకర్షణ బలం కారణంగా సూర్యుడిలోని వివిధభాగాలు ఒకదానికొకటి చేరువ అయి, సూర్యగోళం సంకోచంపొందసాగింది. వాయువును దేనినైనా



సంపీడనానికి గురిచేసినప్పుడు దాని ఉష్ణస్థితి హెచ్చుతుంది. (ఉదాహరణకు, పైకిలుపంపులో గాలి సంపీడితం కావడం చేత వేడెక్కుతుంది.) సంకోచంపొందుతున్న సూర్యగోళం కూడా అలాగే వేడి పెరిగింది.

తగినంత ఉష్ణోగ్రత ఏర్పడినమీదట సూర్యగోళం, తనచుట్టూ ఉష్ణరహితంగానూ, అంధకారంగానూ ఉన్న ఆకాశంలోకి కాంతిని, వేడిని ప్రసరింపజేసింది. ఇలా ప్రసారమైపోయిన శక్తిని పూర్వకోవడానికిగాను సూర్యగోళం తిరిగి సంకోచించనారంభించింది, దాని ఉష్ణోగ్రత హెచ్చింది. అది పదిలక్షల డిగ్రీలకు చేరుకోగానే కేంద్రకపరిణామాలు సాగి, ప్రసారమై (వికరణమై) పోవడానికి చాలినంత శక్తి ఉత్పత్తి అయింది. అందుచేత సూర్యగోళం సంకోచం పొందడం నిలిచిపోయింది. మెదట H-2 ఐసోటోప్, తరువాత లిథియం, బెరిలియం, బొరాన్ మొదలైన మూలకాలూ ప్రోటానులచేత ఛేదించబడి శక్తిని వెలువరించాయి. ఉష్ణోగ్రత రెండు కోట్ల డిగ్రీలకు వచ్చినమీదట, పైన చెప్పిన కార్బను-నైట్రోజను పరివర్తన వలయ ప్రతిక్రియలు ఆరంభమయ్యాయి. వీటి ఫలితంగా హైడ్రోజను హీలియంగా పరివర్తనచెంది అంతులేని శక్తిని విడుదలచేసింది. సూర్యగోళంనుంచి వికరణమైపోయే శక్తికి ఇదిసమంగా ఉండడంచేత సూర్యగోళం ఇక సంకోచంపొందలేదు. గత 400 కోట్ల ఏళ్లుగా సూర్యగోళం సంకోచంపొందకుండా ఇదే స్థితిలో

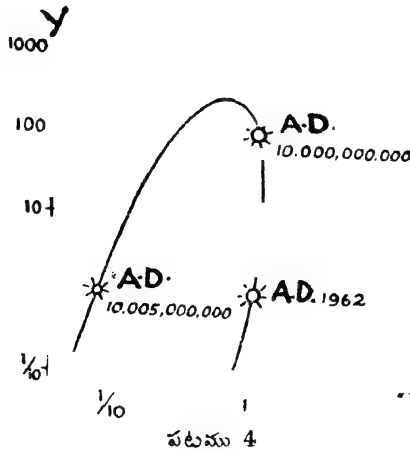
ఉండి, తనలో ఉత్పత్తి అయే శక్తిని కాంతిరూపంలోనూ, వేడిరూపంలోనూ ప్రసారంచేస్తున్నదని భావించబడుతున్నది. "

ముందేమిటి ?

సూర్యగోళంలో ఉన్న హైడ్రోజను క్రమంగా హరించి పోయినకొద్దీ సూర్యుడు వెలువరించే శక్తికూడా క్షీణించి, ఒక్కదశలో శక్తి చాలనికారణంచేత ప్రపంచం కరడు గట్టుకుపోతుందని అనిపించవచ్చు. అలాజరగకపోగా, ప్రఖ్యాత శాస్త్రవేత్త గామోవ్ అంచనా ప్రకారం, కరడు గట్టుకుపోవడానికి మారుగా సమస్తమూ బూడిద అయిపోతుంది. ఇది ఎలా జరిగేదీ తెలుసుకుందాం.

సూర్యగోళం అంతర్భాగంలో ఉత్పత్తిఅయే శక్తి హైడ్రోజనువాయువు పొరలను అతిక్రమించి పైకిరావాలి. అయితే హైడ్రోజను హీలియంగా మారుతున్నది. శక్తి హీలియం గుండా అంత తేలికగా రాలేదు, అందుచేత హీలియం ప్రమాణం హెచ్చినకొద్దీ సూర్యశక్తి సూర్యగోళంలోపల పేరుకుంటుంది. ఈవిధంగా సూర్యుడి ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. ఇందువల్ల హైడ్రోజను మరింతవేగంగా నిర్మూలమై శక్తి కింద పరివర్తన చెందుతుంది. అప్పుడు సూర్యుడికాంతీ, వేడి హెచ్చుతాయి. అదీగాక, హైడ్రోజను ప్రమాణం తగ్గుతూ పోయేటప్పుడు, సూర్యుడి ప్రమాణం ఆరంభంలో

పెరిగి, తరువాత అతిశీఘ్రంగా తరగనారంభిస్తుంది. మరొక వ్యయకోట్ల సంవత్సరాల కాలంలో, హైడ్రోజను దాదాపు వ్యయమైపోయి, సూర్యగోళ వికీరణం ఇప్పుడున్న దానికి సూరింతలవుతుంది.



Y-కాంతి శక్తి. X-వ్యాసార్థం.

“సూర్యుడిలో కలగబోవు మార్పులు” : మరొక వ్యయ కోట్ల ఏళ్ల దాకా సూర్యుడి పరిమాణంలో చెప్పదగిన మార్పు ఉండదు. కాని దానికాంతి, వేడి సూరింతలు పెరుగుతాయి. అనంతరం సూర్యుడు శీఘ్రంగా సంకోచం పొంది, కాంతినీ, వేడినీ పోగొట్టుకుని, అంధకారమయ మవుతుంది.

దీనినివరణ పైన ఉండే గ్రాఫ్ లో కనిపిస్తుంది. అడ్డంగా ఉండే అక్షం సూర్యుడి వ్యాసప్రమాణాన్ని, నిలువుగా ఉండే

అక్షం సూర్యశక్తియొక్క ప్రమాణాన్ని సూచిస్తాయి. ఇప్పటి సూర్యగోళం వ్యాసమూ, వికిరణమూ ప్రమాణంగా (1 అనుకుని), రాగల మాధులు గ్రాఫులో సూచించబడ్డాయి.

సూర్యుడివేడి ఇప్పుడున్న దానికి సూరింతలు మించి నప్పుడు భూమియొక్క వేడి నీరుమరిగే వేడిని మించుతుంది. భూమిమీద గల సముద్రాలలోనూ, నదులలోనూ, సరస్సులలోనూ గల నీరంతా ఆవిరి అయిపోతుంది. అంతవేడిలో ఏప్రాణి జీవించలేదు. అయితే ఈ భయంకరపరిస్థితి ఏర్పడడానికి మరొక వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలుపడుతుంది. అప్పటికి మానవులు భూగర్భంలో నివాసాలు ఏర్పరచుకుని ఊమంగా ఉండేమార్గం తెలుసుకోవచ్చు. లేదా, మానవులందరూ సూర్యుడికి చాలాదూరాన ఉండే మరొక గ్రహానికి వెళ్లిపోయి, అక్కడ వేడి అంతగాఉండదు. గనక, అక్కడ స్థిరపడినా స్థిరపడవచ్చు. సూర్యశక్తి క్రమంగానూ, అతినింపాదిగానూ పెరుగుతుందని మనం జాపకం ఉంచుకోవాలి. భూమియొక్క ఉష్ణోగ్రత ఒకడిగ్రీలో సూరోవంతు పెరగడానికి అనేకలక్షల సంవత్సరాలు పట్టుతుంది.

వేడి నింపాదిగా హెచ్చేటప్పుడు ప్రాణులు తమ శరీరాలను పరిస్థితికి అనుగుణంగా మార్చుకోవడానికి బోలెడంత వ్యవధి ఉంటుంది. కాని ఒక్కటి తథ్యం, మానవుడిలాటి పరిణతప్రాణులు నీరుమరిగే వేడిలో జీవించలేవు.

కనుక వేడి హెచ్చినకొద్దీ ప్రాణులు నశిస్తాయి. మానవుడి లాంటి పెద్ద జీవాలు దూరంగాఉండే ఏ నెప్ట్యూను గ్రహానికి వలసపోవచ్చు. అందుచేత సూర్య శక్తికి భూమి మాడి పోయే సమయానికి అది చూడడానికి భూమిమీద ఏప్రాణీ ఉండదు.

౨ తరువాత ?

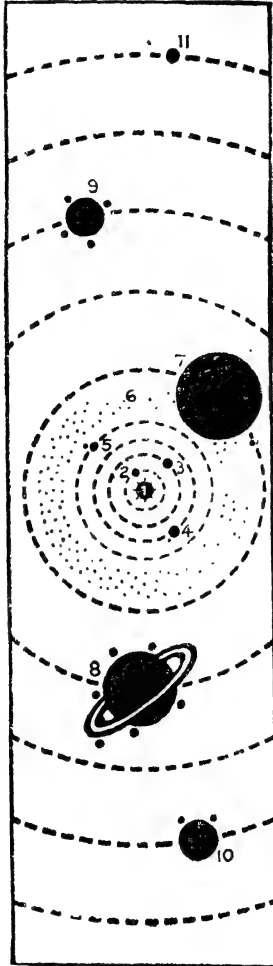
వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలకు తనలోని హైడ్రోజన్ సంతా వ్యయంకాగా, పరమాణుశక్తి కొరతవల్ల సూర్యగోళం సంకోచంపొందట మారంభమవుతుంది. ఈసంకోచం 34 వ పేజీలోని 4-వ చిత్రంలో చూపబడింది. సూర్యకాంతి కొంత కాలంపాటు పెరిగినప్పటికీ, తరువాత తరిగి సూర్యగోళం కాంతిహీనమవుతుంది. కాలంగడిచినకొద్దీ సూర్యగోళం సంకోచించడమూ, కాంతిహీనంకావడమూ, మరింతవేగంగా సాగుతుంది. (వేగంగా అంటే లక్షల ఏళ్లమీదన్నమాట.) చివరకు సూర్యగోళం వేడినికూడా కోల్పోయి కాంతిరహితంగా ఆకాశంలో సంచరిస్తుంది. దీనివిషయం అయిదవ ప్రకరణంలో వివరంగా తెలుసుకుందాం.

### • 3. సూర్యుడూ, సూర్యసంతతి

సూర్యుణ్ణి “మన” సూర్యుడనడానికి మనకు పూర్తి హక్కున్నది. ఎందుకంటే, మన భూమి, ఇలాంటివే మరి ఎనిమిదిలోకాలూ సూర్యుణ్ణి గురుత్వాకర్షణబలానికి గురి అయి, వేరువేరుదూరాలలో దానిచుట్టూ తిరుగుతున్నాయి. ఈలోకాలను గ్రహాలంటారు. గ్రీకు భాషలో “ప్లానెట్” (గ్రహం) అంటే “సంచారి” అని అర్థం. బుధుడూ, శుక్రుడూ, అంగారకుడూ (లేక కుజుడు), గురుడూ, శని— ఈ అయిదు గ్రహాలూ కాంతిమంతమైన నక్షత్రాలవలె కనిపిస్తాయి. అయితే, రోజురోజుకూ నక్షత్రాలమధ్య వాటి స్థానాలు మారుతూ ఉంటాయి గనుక వాటికి “సంచార నక్షత్రాలు” (గ్రహాలు) అనే పేరు వచ్చింది.

గ్రహాలు పటం 1 (పై పేజీ)లో చూపబడ్డాయి, అవి ఉండేదూరాలుగాని, వాటిప్రమాణాలుగాని ఒక ప్రమాణాన్ని

అనుసరించి రచించలేదు. ఎందుకంటే, మొదటిగ్రహమైన



బుధుణ్ణి సూర్యుడికి అరంగుళం దూరంలో ఉంచితే, అదే ప్రమాణం ప్రకారం చిట్టచివరిగ్రహమైన ప్లూటోను 4 అడుగులదూరాన ఉంచాలి.

అలా చెయ్యడానికి ఈ పుస్తకంలోని పేజీ చాలదు. అదేవిధంగా మనం భూమి ప్రమాణాన్ని సూచించడానికి ఈ సున్నా (0) ఉపయోగిస్తే, అదే ప్రమాణాన్ని అనుసరించి సూర్యుణ్ణి 4 అంగుళాల వ్యాసంగలవలయంగా చిత్రించాలి. ఇదికూడా సాధ్యం కాదు. దీనినిబట్టి మన సౌరకూటంలోని ప్రమాణాలూ, దూరాలూ ఎంతగొప్పవో తెలుస్తున్నదిగాదూ?

ఈ పక్క పేజీలోనున్న పట్టికలో సూర్యుణ్ణిగురించి, గ్రహాలనుగురించి

పటము 5 “సూర్యుడూ, సూర్యసం తతి” : 1. సూర్యుడు, 2. బుధుడు, 3. శుక్రడు, 4. భూమి, 5. అంగారకుడు, 6. ఆల్పగ్రహాలు (ఆప్టకాయిడ్లు), 7. గురుడు, 8. శని, 9. యురేనస్, 10. నెప్ట్యూన్, 11. ప్లూటో.





కొన్ని ముఖ్యవివరా లివ్వబడ్డాయి. ఈ వివరాలను బట్టి సౌర కూటం యొక్క విస్తృతి ఊహించుకోవటం చాలాకష్టం. మాటవరసకు, భూమి గోలిగుండు ప్రమాణంలో ఉన్న దనుకుంటే సూర్యగోళం నాలుగడుగుల వ్యాసంగల గోళం ప్రమాణంలో ఉంటుంది. దానికి 400 అడుగుల దూరంలో భూమి తిరుగుతూ ఉంటుంది. ఇదే లెక్కన, చిట్టచివరి గ్రహమైన ప్లూటో మాఘమైశ్ల దూరాన ఉండి సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతూ ఉంటుంది. ఓవన్నీ సౌర కుటుంబానికి చెందినగోళాలే.

## సూర్యుడు

సూర్యుడు భూమికి 929 లక్షల మైశ్లదూరాన ఉన్నాడు. ఇంతదూరాన్ని భావించడం తేలిక కాదు. గంటకు 200 మైశ్ల వేగంతో ప్రయాణించే విమానంలో రాత్రింబగళ్లు ఆగకుండా ప్రయాణిస్తే సూర్యుణ్ణి చేరడానికి 53 సంవత్సరాలు పడుతుంది. సెకండుకు 1,86,000 మైశ్ల వేగంగల కాంతిసైతం సూర్యుడినుంచి భూమిని చేరడానికి 8 నిమిషాల 20 సెకండ్లు పడుతుంది. కనుక మనం సూర్యుణ్ణి సరిగా ఉన్నచోట ఎన్నడూచూడలేం ; ఎనిమిదిన్నర నిమిషాలకింద ఉన్నచోట మాత్రమే చూస్తాం !

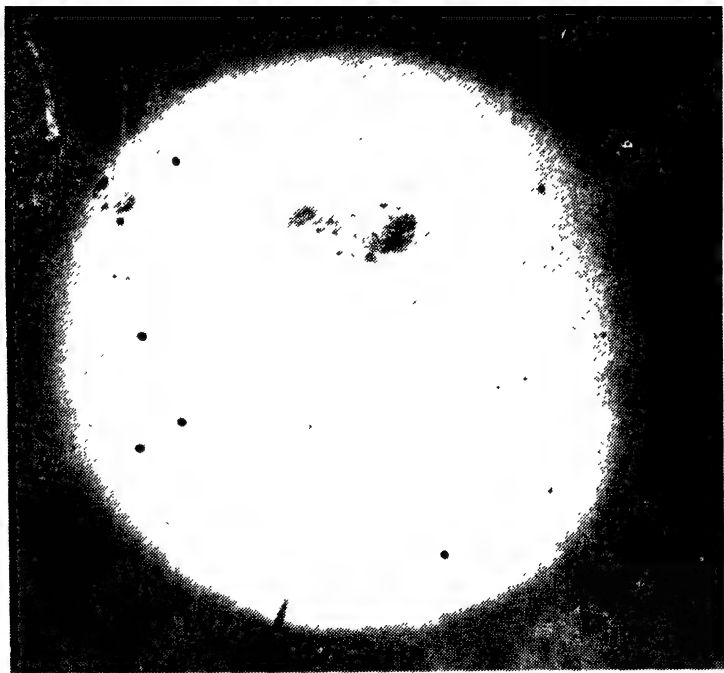
పరిమాణంలోనూ, బరువులోనూ సూర్యగోళం గ్రహాలకన్న చాలా పెద్దది. అది భూమికంటే 30 లక్షల రెట్లు ఎక్కువబరువు. సౌరకూటంలోని గ్రహాలన్నిటి బరువు ఏకం చేసినా అది సూర్యగోళం బరువులో 730 వ వంతు ఉంటుంది. దానిబరువు ఇంత ఎక్కువైనప్పటికీ, సాంద్రత చాలా తక్కువ. అది నీటికన్న ఒకటిన్నర రెట్లుంటుంది. భూమియొక్క సాంద్రత నీటిసాంద్రతకు అయిదున్నర రెట్లు. శుక్రుడిసాంద్రత నీటిసాంద్రతకు అయిదు రెట్లు. దీనిని బట్టి సూర్యుడిలో అధికభాగం వాయురూపంలో ఉన్నదని గ్రహించవచ్చు. దాని అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత 2 కోట్ల డిగ్రీలని ఇదివరకే మనం తెలుసుకున్నాం. ఈ కారణంచేత సూర్యుడిలోపల పీడనంకూడా చాలా హెచ్చుగా ఉండాలి. అలాటిపరిస్థితిలో వాయువులు, భూమిమీదలాగా వ్యాకోచించి ఉండవు.

సూర్యగోళం పైభాగానగల ఉష్ణోగ్రత సుమారు 6,000 సెం. డిగ్రీలు సూర్యుణ్ణి తెలిస్కొపుతోగాని, బైనా క్యులర్స్ తోగాని చూడగోరేవారు మసిపూసిన గాజుపలక గాని, రంగుటద్దపుపలకగాని అడ్డం ఉంచుకోవాలి; లేక పోతే మనకళ్లు శాశ్వతంగా దెబ్బతింటాయి. సూర్యుణ్ణి తిన్నగా చూడడానికి బదులు దాని ప్రతిబింబాన్ని ఒక అట్టపై పడేలాగు చేయవచ్చు. ఒక అట్టపైన తెల్లని కాగితం అంటించి,

అలిస్కాపుయొక్క నేత్రకటకానికి తగినంత దూరంలో ఉంచినట్లయితే, స్ఫుటమైన సూర్యప్రతిబింబం దానిపైన పడుతుంది. కళ్లకు చెరుపుకలగకుండా అనేకమంది దానిని చూడవచ్చు.

సూర్యప్రతిబింబం స్పష్టంగా ఉన్నప్పుడు, అందులో తరచు నల్లనిమచ్చలు కనిపిస్తాయి. వాటిని “సూర్యడిమిమచ్చలు” (sun spots) అంటారు. (ఫోటోగ్రాఫు-1) వాటి ఆకారాలూ, పరిమాణాలూ వేరువేరుగా ఉంటాయి. కొన్నిటిమధ్య చ్చేదం 50,000 మైళ్లుంటుంది, కొన్నిటిది 200 మైళ్లు మాత్రమే ఉంటుంది. అంతకంటే చిన్నవికూడా ఉండవచ్చు. ఈమచ్చల కేంద్రాలు చీకటిగా ఉంటాయి, అంచులకేసి వచ్చినకొద్దీ కాంతి హెచ్చుతుంది. సూర్యుడు గుండ్రంగా తిరిగేటప్పుడు సూర్యడిమిమచ్చలుకూడా తిరుగుతాయి. కనుక వీటిసహాయంతో సూర్యగోళపరిభ్రమణ వేగం తెలుసుకోవచ్చు. సూర్యుడి వర్తులవేగం (angular velocity), ఘనగోళంలో ఉండేటట్టు, గోళమంతటా ఒకే విధంగా ఉండదు. మధ్యరేఖాప్రాంతంలో సూర్యగోళం 25 రోజుల కొకచుట్టు తిరుగుతుంది. ధ్రువప్రాంతాలు ఒకచుట్టు తిరిగిరావడానికి 34 రోజులు పడుతుంది.

సూర్యుడిమచ్చల పరిమాణమూ, సంఖ్య రోజు రోజుకూ మారుతుంది. ‘వాటి పరిమాణమూ, సంఖ్య 11



ఫోటో - I. సూర్యుడి మచ్చలు : ఈ ఫోటో హంటర్ వెల్స్ ఆబ్జర్వేటరీ

ఫోటో - II.

సూర్యుడి జ్వాలలు :

ఈ జ్వాలలు 1,58,000

మైళ్ళ ఎత్తు లేచాయి. అదే

ప్రమాణంలో మన భూమి

ఎంత ఉండేదీ కడిపక్కన

గల తెలినిచుక్క తెలుపు

తుంది. (1917 లో మాంట్

విల్బర్న్ అబ్జర్వేటరీలో తీసిన

ఫోటో)





ఫోటో. III. సర్పిల నక్షత్రకూటం: ఈ నెబులా “వేటకుక్కలు” అనే రాశిలో ఉన్నది. మనకు క్షత్రకూటంకూడా దాదాపు ఇలాగే ఉంటుందని నమ్ముతున్నాము. దిగువనున్న తెల్లనిభాగం నెబులాకు ఉప నెబులాలాటిది.



ఫోటో - IV. ఒరయన్ రాశిలోని దివ్యోండమైన నెబులా: ఇది వెయ్యి  
కాంతి సంవత్సరాలకు పైబడిన దూరంలో ఉన్నది. సమీపంలోగల  
కక్షత్రకాంతివల్ల అందులోని వాయువులు ప్రకాశమానంగా ఉన్నాయి.  
(1989 : లిక్ ఆబ్జర్వేటరీ, కాలిఫోర్నియా)

ఏళ్లకొకసారి హెచ్చుతుందని శాస్త్రజ్ఞులు గమనించారు. సూర్యుడిలోమీచ్చలు ఉధృతమైనప్పుడు భూమిపైన కొన్ని ఫలితాలు కలుగుతాయని శాస్త్రవేత్తలు గమనించారు. రేడియోప్రసారాలు దెబ్బతింటాయి, టెలిగ్రాఫుకూ, టెలిఫోనులకూకూడా అంతరాయం కలుగుతుంది, కెనడా, స్వీడెనులతాటి ఉత్తరదేశాలలో కనిపించే “అరోరా” కాంతిపటలాలు మరింత కాంతిమంతమవుతాయి.

సూర్యగోళంలో మచ్చలు ఎట్లాపుడతాయి? సూర్యుడియొక్క వివిధప్రాంతాలు వేరువేరు వేగాలతో తిరగడంచేత సూర్యుడి ఉపరిభాగాన సుడిగుండా లేర్పడతాయి — వరదలప్పుడు నదులలో సుడిగుండా లేర్పడటం గానే. సూర్యగోళంలోపల హెచ్చు పీడనానికి గురి అయి ఉండే వాయువులు ఈ సుడులగుండా, గరాటీ ఆకారంగల బుడగలరూపంలో, పైకి తోసుకువస్తాయి. వాయువు లిలా వెలువడినప్పుడు సూర్యుడినుంచి అసంఖ్యాకమైన ఎలెక్ట్రానులూ, “అయాను” కణాలూ వెలువడుతాయి. ఈకణాలు గంటకు 20 లక్షల మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణిస్తూ రెండు రోజులలో భూమిని చేరుకుంటాయి. వీటితాకిడివల్ల రేడియో, టెలిగ్రాఫూ, టెలిఫోను వగైరా విద్యుత్పరికరాలు దెబ్బతింటాయి. అయితే, సూర్యుడిమచ్చలు పదకొండేళ్ల కొకసారి ఎందుకు విజృంభిస్తాయో ఇంకాస్పష్టం కాలేదు.



సంపూర్ణ గ్రహణమప్పుడు సూర్యుడికి ఫోటోలుతీ సూర్యుడి పై భాగంనుంచి అనేకలక్షల మైళ్లు పైకిచిమ్ముతూ బ్రహ్మాండమైన జ్వాలలు కానవస్తాయి. వీటిని సూర్యుడి “ఔన్నత్యాలు” (solar prominences) అంటారు. సూర్యుడి ఉపరిభాగం అత్యంత కాంతిమంతం కావడం చేత ఈ “ఔన్నత్యాలు” సంపూర్ణ సూర్యగ్రహణమప్పుడు చూడ వీలవుతుందిగాని, ఉత్తప్పుడు చూడలేం.

## గ్రహాలు

తోమ్మిది గ్రహాలు వేరువేరుదూరాలలో ఉండి సూర్యుడిచుట్టూ ప్రదక్షిణ చేస్తున్నాయి. సుమారు 200 ఏళ్ల క్రితం యోహాన్ బోడే అనే జర్మను శాస్త్రవేత్త, సూర్యుడి నుంచి గ్రహాలుండే దూరాలకు సంబంధించిన ఉపయుక్తమైన సూత్రం ఒకటి కనిపెట్టాడు. ఆసూత్రం ఆనాటికి తెలిసిన ఆరుగ్రహాలకూ అనువర్తించింది. మొదట 3, 6, 12, 24, 48, 96 అనే సంఖ్య శ్రేణి, సంఖ్యలను రెట్టింపు చేయగా వచ్చేది తీసుకోవాలి. ఈ శ్రేణికి ఆరంభంలో 0 ఉంచాలి. 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96. ఇప్పుడీ సంఖ్యలన్నిటికీ 4 చేర్చాలి. అందువల్ల సంఖ్యలలా ఉంటాయి : 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100. గ్రహాలకూ, సూర్యుడికి మధ్యగలదూరాలు ఇంచుమించు ఈ నిష్పత్తులలోనే ఉంటాయి.

ఈ దిగువ పట్టిక చూడండి :

యశ నెప్ట్యూన్ పూ										
గ్రహం	బుధ	శుక్ర	భూమి	కజ	...	గురు	శని	నన్	న్	పూ
బోడే నూత్రి										
ప్రకారం	4	7	10	16	28	52	100	196	388	772
కొలచిన	•									
నూరం	3.9	7.2	10	15.2	—	52	95.4	192	300.7	390

చివరి రెండు గ్రహాలనూ మినహాయిస్తే మిగిలినవన్నీ దాదాపు బోడే సూత్రం నిర్దేశించిన దూరాలలోనే సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతూండడం గమనించవచ్చు.

అంగారక (కుజ), గురు గ్రహాలమధ్య చాలా ఎడం ఉన్న సంగతి నక్షత్రాస్త్రవేత్తలకు తెలుసు. బోడే సూత్రంలో 16, 52 సంఖ్యలకు అనుగుణమైన దూరాలలో అంగారక, గురుగ్రహాలున్నాయి. 28 సంఖ్యకు అనుగుణమైన దూరంలో ఒక గ్రహం ఉండి ఉంటుందనీ, అది కంటికి కనబడనంత చిన్నదై ఉంటుందనీ వారనుకున్నారు. టెలిస్కోపుల సహాయంతో చూడగా ఆ దూరాన ఒక్క చిన్న గ్రహం కనిపించడానికి మారుగా, తేనెటీగల తుట్టలాగా అనేక వందల చిన్న గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతూ కానవచ్చాయి. వాటికి “అల్పగ్రహాలు” (asteroids) అని పేరు పెట్టారు.

బోడే సూత్రం ప్రకారం, ప్లూటో ఉండవలసిన దూరంలో నెప్ట్యూన్ ఉండడంకూడ గమనించదగినది.

గ్రహాలు ప్రత్యేకించి ఈదూరాలలోనే ఉండి సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతూండటానికి కారణం ఇంకా స్పష్టంగా తెలియడంలేదు.

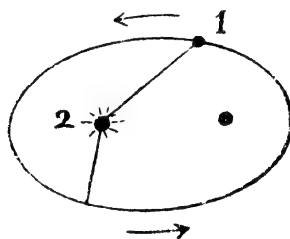
## కెప్లర్ సూత్రాలు

గ్రహాల ప్రదక్షిణలను విశదీకరించడానికి ప్రాచీన సక్షత్రశాస్త్రవేత్తలు అనేక సిద్ధాంతాలు ప్రతిపాదించారు. భూమినిశ్చలంగా ఉన్నదని, భూమికేంద్రంగాగల వర్తుల కక్షలలో గ్రహాలు తిరుగుతున్నాయనీ చెప్పి, వారు గ్రహాల గతులను వివరించడానికి వలయాలలో వలయాలు చిత్రించారు.

కాని 1609 లో యోహాన్ కెప్లర్ అనే జర్మను శాస్త్రవేత్త రెండు సూత్రాలు ప్రతిపాదించి వాటి ద్వారా గ్రహాలగమనాన్ని చక్కగా వివరించాడు. పదేళ్ల అనంతరం ఆయన మూడవ సూత్రం ద్వారా, గ్రహాలమధ్యగల దూరాలకూ, అవి తమకక్ష్యలను చుట్టివచ్చే కాలానికీ గల సంబంధాన్ని వివరించాడు. ఈ సూత్రాలేమంటే : (1) గ్రహాలు దీర్ఘవృత్తాకారంగా కక్ష్యలలో తిరుగుతాయి; ఆదీర్ఘవృత్తనాభుల (foci) లో ఒకదానియందు సూర్యగోళం ఉంటుంది. (2) సూర్యుడికీ, గ్రహానికీ మధ్య ఒక రేఖను ఊహించినట్లయితే అది సమకాలంలో సమవైశాల్యంగాల ప్రదేశాన్ని గడుస్తుంది. (3) గ్రహం ఒకసారి తనకక్ష్యను చుట్టివచ్చే

కాలంయొక్క చతురస్రం (square) దానికి, సూర్యుడికి మధ్య ఉండే సరాసరి దూరంయొక్క ఘనము (cube) కు అనుపాతాత్మకంగా ఉంటుంది. ( $T^2 \propto R^3$ ).

గ్రహాలు సూర్యుడిచుట్టూ దీర్ఘవర్తుల కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నాయి. వృత్తానికి ఒకే కేంద్రం ఉంటుంది, కాని దీర్ఘవృత్తానికి రెండు నాభులుంటాయి. వాటిలో ఒక దానియందు సూర్యుని ఉంటుంది. అందుచేత సూర్యుడికి, గ్రహానికి మధ్య ఉండే దూరం ఎల్లప్పుడూ ఒకటిగానే ఉండక రోజురోజుకూ మారుతుంది. గ్రహకక్ష్యలలో అంగారకుడిది, ప్లూటోదీ అతి దీర్ఘమైనవి. మిగిలినవి దాదాపు వృత్తాలే. కనుక సూర్యుడికి, వీటికి మధ్య ఉండే దూరం అంతగా మారుచేందుకూ ఉండదు.



పటము 6

1. గ్రహము, 2. సూర్యుడు  
“గ్రహకక్ష్య”

పై సూత్రాలలో మొదటి దాన్ని, మూడో దాన్ని ఆధారంచేసుకుని సర్వజన్యమైన ప్రసిద్ధ

మైన విశ్వగురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాన్ని సూత్రీకరించాడు.

గ్రహాల దూరాలు

మూడవసూత్రం సహాయంతో మనం గ్రహాల దూరాలను గుణించవచ్చు. భూమి సూర్యుడిచుట్టూ ఒక్కసారి తిరిగివచ్చేకాలం ఒక సంవత్సరం. భూమికి, సూర్యుడికి మధ్య ఉండే దూరం 9,80,05,000 మైళ్లని ఖునకు తెలుసు. అంగారకుడు సూర్యుడికి ఎంతదూరంలో ఉన్నదీ తెలుసుకోవాలంటే మనం ఆ గ్రహాన్ని నిత్యమూ గమనిస్తూ, అది ఎంతకాలంలో సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టివచ్చేదీ తెలుసుకోవాలి. అంగారకుడు ఒక్కప్రదక్షిణం పూర్తిచెయ్యడానికి 687 రోజులు పట్టుతుంది, అనగా 1.881 సంవత్సరం. కెప్లర్ మూడవ సూత్రం ప్రకారం :

(భూమి పరిభ్రమించే కాలం)<sup>2</sup> (అంగారకుడు పరిభ్రమించే కాలం)<sup>3</sup>

(భూమియొక్క దూరం)<sup>3</sup> = (అంగారకుడి దూరం)<sup>3</sup>

అనగా,  $\frac{(1 \text{ సంవత్సరం})^2}{(9,80,05,000 \text{ మైళ్లు})^3} = \frac{(1.881 \text{ సం.})^3}{(\times \text{మైళ్లు})^3}$

కనుక  $X = 14,17,40,000$  మైళ్లు.

సూర్యుడి నుంచి అంగారకుడి సరాసరిదూరం ఇదే. అయితే అంగారకుడి కక్ష్య దీర్ఘవృత్తం కావడం మూలాన సూర్యుడికి అంగారకుడికి మధ్య ఉండే దూరం రోజురోజుకూ

మారుతూ ఉంటుంది. కనీసదూరం 12,62,00,000 మైళ్లు.  
గరిష్ఠదూరం 15,72,00,000 మైళ్లు.

ఇదేవిధంగా ఇతరగ్రహాలుంటే మారాలుకూడా  
గుణించవచ్చు.

ఇలాగే, కెప్లర్ మూడవసూత్రం ఆధారంచేసుకుని,  
సూర్యగోళయొక్క, గ్రహాలయొక్క పరిమాణం, సాం  
ద్రత వగైరాలను అంచనా కట్టవచ్చు. వీటిని గుణించే పద్ధతి  
అనుబంధం I లో చెప్పబడింది. గ్రహాల సరాసరి సాంద్రత  
పట్టికలో ఇవ్వబడింది.

గ్రహాల ఉష్ణోగ్రత

సూర్యుడి నుంచి భూమికి చేరే వేడి అత్యంత నిద్రువ  
మైన పరికరాలతో సెనులుగా కొలవబడింది. దీని ఫలితంగా  
తేలినదేమంటే భూమిపై భాగాన ప్రతిచదరపు సెంటిమీటరు  
మేరకు నిమిషానికి 1.94 కాలరీలు ఉష్ణ శక్తి లభిస్తున్నది.  
దీనినిబట్టి, సూర్యుడు తనచుట్టూ ప్రసరింపజేసే ఉష్ణశక్తి  
సెకండుకు  $9 \times 10^{25}$  కాలరీలని అంచనా కట్టారు. ఈ  
విషయం ఇంతకుముందే అనుకున్నాం. దీనినిబట్టి, ప్రసిద్ధ  
మైన ప్రిఫాన్ సూత్రం ఆధారంతో, సూర్యుడి ఉపరిభాగాన  
గల ఉష్ణోగ్రతను గుణించవచ్చు. అది సుమారు 6,000  
సెం. డిగ్రీలు. దీనినిబట్టి భూమియొక్క సరాసరి ఉష్ణోగ్రత  
14 సెం. డిగ్రీలని తేలింది.

సూర్యుడికి దూరంగా వెళ్లినకొద్దీ సూర్యుడివేడి తగ్గి పోతుంది గనుక ఇతరగ్రహాల ఉష్ణోగ్రతనుకూడా గుణించ వచ్చు. ఈగ్రహాలనుంచి భూమికివచ్చిచేరే కొద్దిపాటివేడిని టెలిస్కోపులతోనూ, సూక్ష్మగ్రాహక పరికరాలతోనూ కొలిచి, ఆ గ్రహాల ఉష్ణోగ్రతను ప్రత్యక్షంగాకూడా తెలుసు కోవచ్చు. ఈ వివరాలుకూడా పట్టిక 2 లో ఉన్నాయి.

ఇప్పుడు ఒక్కొక్కగ్రహాన్నిగురించి వివరంగా తెలుసుకుందాం. వాటియొక్క పరిమాణ తారతమ్యం (52, 53 పేజీలలో) పటము 7 లో చూపబడిఉన్నది.

బుధుడు (Mercury).

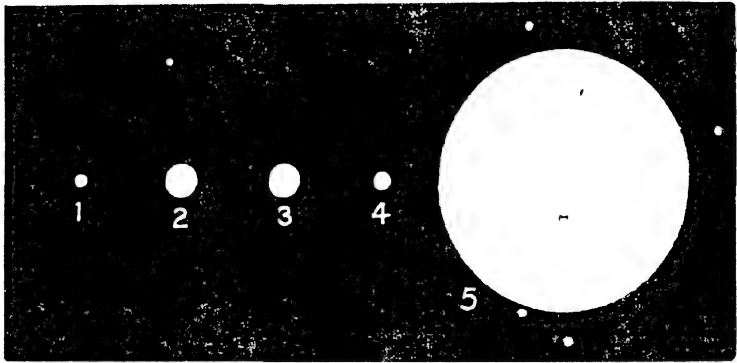
బుధుడు గ్రహాలన్నిటిలోకీ చిన్నది. అది సూర్యుడికి దగ్గరగా ఉండడంచేత దానిని మనం సూర్యోదయానికి కొంచెంముందుగానూ, సూర్యాస్తమయం అయ్యాక కొంచెం వెనుకగానూ మాత్రమే చూడగలం. దీనికీ సూర్యుడికీ మధ్య ఏర్పడే గరిష్ఠకోణదూరం 28 డిగ్రీలు మాత్రమే. ఈగ్రహం సెప్టెంబరు, అక్టోబరు మాసాలలో సూర్యోదయానికి పూర్వం తూర్పునా, మార్చి, ఏప్రిలు మాసాలలో సూర్యాస్తమయానంతరం పడమటా, ఆకాశం దిగువ భాగంలో కొద్దిసేపు కనిపిస్తుంది. ఇది చాలా చిన్నగ్రహం కావడంచేత నక్షత్రంలాగ్గా మిణుకు మిణుకు మంటుంది. ఈగ్రహంలో వాతావరణం లేదు. దీనిగురుత్వం చాలా

కొంచెం కావడంవల్ల దీనితాలూకుగాలి అణువులు ఏనాడో తప్పించుకుని అంతరిక్షంలోకి వెళ్లిపోయి ఉంటాయి.

బుధుడు భూమికి, సూర్యుడికి మధ్యగా వచ్చినప్పుడు మనకు దానిచీకటి భాగం కనిపిస్తుంది. మనం దానికేసి తెలిస్తే పురోచూసినట్లయితే అది నెలవంక లాగా కనిపిస్తుంది. అది క్రమంగా కళలుతగ్గి, అమావాస్యచంద్రుడు లాగా బొత్తిగా కనిపించకుండాపోతుంది. తిరిగి అది, క్రమంగా కళలుహెచ్చి, సూర్యుడి అవతలివైపున పూర్ణిమ చంద్రుడిలాగా పూర్ణబింబంతో కనబడుతుంది.

మనం బుధగోళాన్ని ఎంతశక్తిమంతమైన తెలిస్తోపుల సహాయంతో చూచినప్పటికీ, దానిపై భాగానగల వివరాలు కనిపించవు. అయితే దానితాలూకు భోటోలు కొన్నింటిలో కొన్ని గుర్తులు కనిపిస్తాయి. ఈ గుర్తుల సహాయంవల్ల బుధుడు తన అక్షంమీద ఒక్కచుట్టు తిరగడానికి 88 రోజులు పడుతుందని తేలింది. అది సూర్యుడిచుట్టూ ఒక్కసారి తిరిగి రావడానికి పట్టే కాలంకూడా 88 రోజులే. అది సూర్యుడికి చాలాసమీపంలో ఉన్నది గనుకనూ, చాలా కొద్ది పరిమాణంగాలది గనుకనూ, బలవత్తరమైన సూర్యాకర్షణవల్ల ఈ గ్రహంలో గొప్ప “వేలొడ్డులు” (tidal waves) ఉత్పత్తి అయి, అది తనచుట్టూ తాను తిరిగే వేగం క్షీణించి ఉంటుంది. కాలక్రమమున అది తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టే కాలమూ, సూర్యుణ్ణి చుట్టిరావడానికి పట్టే



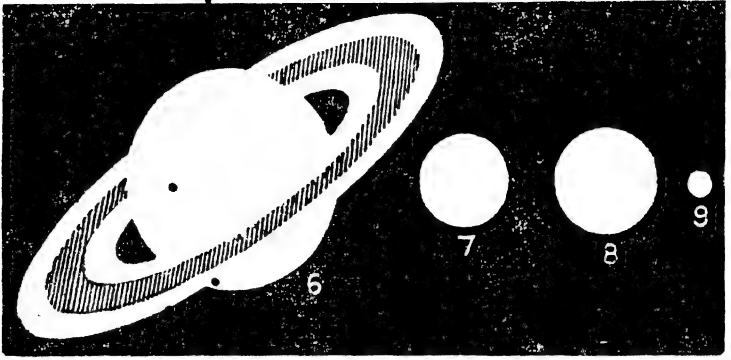


పటము 7

“గ్రహ పరిమాణాలలో లంతరాలు : 1. బుధుడు,

కాలమూ ఒకటే అయింది. అది సూర్యుడికి ఒకే “ముఖం” చూపుతున్నది. భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణవల్ల చంద్రుడి పరిభ్రమణవేగంకూడా తగ్గి, దాని పరిభ్రమణకాలమూ, అది భూమిచుట్టూ తిరిగేకాలమూ ఒకటి అయి, అదికూడా భూమికి సరిగ్గా ఒక ముఖమే చూపుతున్నదన్న విషయం ఈ సందర్భంలో గుర్తించుకోవచ్చు.

బుధుడు సూర్యుడికి దగ్గరగా ఉండి, ఎల్లప్పుడూ సూర్యుడికి సరిగ్గా ఒక భాగమే చూపుతూండడంవల్ల, ఆ పక్క అత్యుష్ణంగానూ, రెండవపక్క అతి శీతలంగానూ ఉండాలి. వేడిగా ఉండే పక్క ఉష్ణోగ్రత 400 డిగ్రీ లుంటుందని అం



2. శుక్రగు, 3. భూమి, 4. అంగారవడు, 5. నురుడు, 6. శని,  
7. యురేన, 8. నెప్ట్యూన్, 9. ప్లూటో.

చనా వేళాదు. ఈ వేడికి సీసమూ, తగరమూలాటి లోహాలు  
కరిగి ప్రవహిస్తాయి.

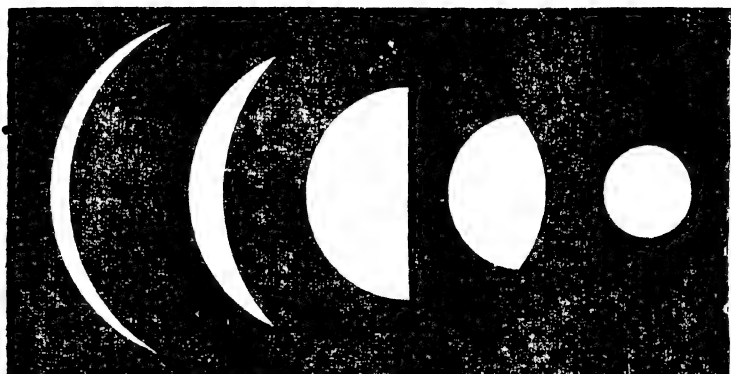
బుధగ్రహం చిన్నదే అయినప్పటికీ, సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని (general theory of relativity ని) రుజువు చేయ్యడంలో ప్రముఖపాత్రవహించింది. ఇతరగ్రహాల గురుత్వాకర్షణ ప్రభావంచేత, బుధుడు సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగే కక్ష్య క్రమంగా తిరుగుతున్నది. బుధుడికక్ష్యలోకలిగే ఈమార్పు ఏవేగంతో కలుగుతున్నదీ శాస్త్రజ్ఞులు నిరుపమానంగా కొలిచారు. న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన గురుత్వాకర్షణ సూత్రాలనుబట్టికూడా ఈవేగాన్ని అంచనాకట్టవచ్చు. ఇలా అంచనాకట్టగా వచ్చిన వేగానికీ, ప్రత్యక్షంగా కొలిచిన వేగానికీ

కొద్ది తేడా కనిపించింది. సూర్యుడికీ, బుధుడికీ మధ్య ఒక చిన్న గ్రహం ఉండడం చేతనే ఈ తేడా ఏర్పడిందనీ, అది తనగురుత్వాకర్షణతో బుధుణ్ణి ప్రభావితం చేస్తున్నదనీ శాస్త్రజ్ఞులు ఊహించారు. ఈ ఊహ ఆధారంగా వారు ఆ గ్రహం సూర్యుడి కెంతదూరంలో ఉండేదో గుణించి, దానికి “వల్కన్” అని పేరుకూడా పెట్టారు. ఆ గ్రహంకోసం వారు టెలిస్కోపులతో ఆకాశమంతా గాలించారు. కాని ఆ గ్రహం కనిపించనే లేదు.

1915 లో, ప్రఖ్యాత శాస్త్రవేత్త ఆల్బర్ట్ ఐన్ స్టయిన్ తన సాధారణ సాపేక్షసిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు. ఈ సిద్ధాంతానికి చెందిన గురుత్వాకర్షణసూత్రం ప్రకారం బుధుడి కక్ష్యలో ఉండదగిన వ్యత్యాసాన్ని గుణించగా, అది కొలవగా వచ్చిన దానికి సరిగా సరిపోయింది. దీనిని బట్టి న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రంకన్న ఐన్ స్టయిన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రం సరి అయినదని రుజువయింది. ఈ సత్యాన్ని నిరూపించిన ఘనత బుధుడికి దక్కింది.

### శుక్రుడు (Venus)

ఆకాశంలోని అత్యంత ప్రకాశవంతమైన జ్యోతులలో సూర్య చంద్రుల తరువాత వచ్చేది శుక్రుడే. ఈ గ్రహం కూడా సూర్యుడికీ, భూమికీ మధ్య ఉండేదే గనక, దీని కళలుకూడా, చంద్రుడి కళలలాగా, హెచ్చుతాయి; తగ్గు



పటము 8

శుక్రపిడి కళలు •

తాయి. దీని నెలవంక ఆకృతిని తెలిస్కొప్పులోనుంచి చూస్తే అత్యంతమనోహరంగా ఉంటుంది. శుక్రుడు భూమికి అత్యంత సన్నిహితంగా ఉన్నప్పుడు నెలవంకలాగానూ, అత్యంతదూరంలో ఉన్నప్పుడు పూర్ణబింబంగానూ ఉండడం వల్ల, నెలవంక ఆకారంలో ఉన్నప్పుడే అది పెద్దదిగా కనిపిస్తుంది. బుధుడిలాగే శుక్రగ్రహంకూడా ఒకప్పుడు పశ్చిమాకాశంలో సాయంసంధ్యాతారగానూ, ఒకప్పుడు తూర్పు ఆకాశంలో ఉదయతార (వేగుచుక్క) గానూ కనిపిస్తుంది. శుక్రుడికీ, సూర్యుడికీ మధ్య ఉండే సరాసరిదూరం 670 లక్షల మైళ్లు కావడంచేత, అది పశ్చిమాకాశాన సూర్యాస్తమయానంతరం చాలాసేపు కనిపిస్తుంది. అలాగే వేగు

చుక్కగా తూర్పున సూర్యుడికంటే 2 గంటలు ముందుగా ఉదయిస్తుంది.

ఈ గ్రహాన్ని వాయువులూ, మేఘాలూ ఆవరించి ఉంటాయి. అందుచేత పెద్దపెద్ద టెలిస్కోపులతో చూసినా దీని ఉపరితలం కనిపించదు. కనుక అది తనచుట్టూ తాను తిరగడాని కెంతకాలంపట్టేదీ నిష్కర్షగా గమనించడం సాధ్యంకాదు. స్పెక్ట్రోస్కోపులసహాయంతో దాని పరిభ్రమణకాలాన్ని లెక్కగట్టాడు. అది 30 రోజుల కొకసారి తనచుట్టూ తాను తిరుగుతుందని తేలింది. అయితే, అది సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టిరావడానికి పట్టేకాలం 7 నెలల 13 రోజులు. సూర్యుడి ఆకర్షణవల్ల దానిలో ఉద్భవించిన “వేలులు” (waves) దీని పరిభ్రమణవేగాన్ని తగ్గించాయి. అయితే, దూరం హెచ్చుకావడంచేత వాటిప్రభావం బుధ గ్రహంపైన ఉన్నంతగా దీనిమీద ఉండడానికి వీలులేదు. వాటిఫలితం తక్కువగానే ఉందికూడా.

శుక్రుడిలో ఉన్న వాయువులలో పుష్కలంగా ఉన్నది కార్బన్ డైఆక్సైడ్ (బొగ్గుపులుసుగాలి). ఆక్సిజను (ప్రాణవాయువు) గాని, నీటి ఆవిరిగాని కనబడవు. అయితే మనం చూడగలిగినవి మేఘాలకు ఎగువ పొరలలో గల వాయువులమాత్రమే. మేఘాలకు దిగువ ఏమున్నదీ మనకు తెలియదు. శుక్రుడిపైన వృక్షజాతులూ, మేఘాల అడుగున కార్బన్ డైఆక్సైడ్ ఉండేపక్షంలో, చెట్లు

కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ స్వీకరించి ఆక్సిజనును వదలాలి. ప్రాణవాయువుండే పక్షంలో శుక్రుడిపై జీవరాశి కూడా ఉండాలి. అయితే అక్కడ ఇవన్నీ ఉన్నదీ, తేనిదీ ఇంకా స్పష్టంగా తెలియదు. రవ్వనులూ, అమెరికనులూ పంపిన రాకెట్లు శుక్రణ్ణి ఆవరించియుండే మేఘాలను ఛేదించుకు వెళ్లి, రేడియో, టెలివిజనుల ద్వారా శుక్రుడి పై భాగాన గల పరిస్థితులను త్వరలోనే తెలుపగలవని ఆశిస్తున్నాను.

1962 ఆగస్టు 27 న అమెరికను కాస్మోనేట్లు “మారిన్ II” అనే అంతర్గ్రహ ఉపగ్రహాన్ని శుక్రుడి కేసి పంపారు. అది 1962 డిసెంబరులో శుక్రగ్రహానికి 20,000 మైళ్లు ఎడంగా వెళ్లి, రేడియోసంకేతాల ద్వారా శుక్రణ్ణి గురించిన ముఖ్యమైన వివరాలనేకం అందజేసింది. ఈ రేడియోసంకేతాల అర్థాలను, సూచనలను ఇప్పుడు పరిశీలిస్తున్నారు. శుక్రుడి ఉష్ణోగ్రత 600 ఫారన్ హైట్ డిగ్రీలు (317 సెం. డిగ్రీలు) అని ప్రకటించబడింది. ఇంత వేడిలో శుక్రుడిపై భాగాన ప్రాణులు జీవించడం సాధ్యం కాదు.

శుక్రణ్ణి చుట్టి ఉండే మేఘాలు సూర్యకాంతిని ప్రతిఫలించడంవల్ల అది కాంతిమంతంగా కనబడుతుంది. చంద్రుడి పై భాగాన విస్తారంగా ఉండేవి గోధుమరంగు శిలలు కావడం చేత, చంద్రుడిపైన పడే సూర్యకాంతిలో సూరింట 7 వంతులు మాత్రమే ప్రతిఫలితమవుతుంది. శుక్రుడి మేఘాలు

అలాకాక, తమపైనపడే సూర్యకాంతిలో నూరింట 59 వంతులను ప్రతిఫలిస్తాయి.

బుధుడికిగాని, శుక్రుడికిగాని చంద్రుడులోటి ఉప గ్రహాలు లేవు. శుక్రుడి బరువూ, పరిమాణమూ, సాంద్రతా ఇంచుమించు భూమినిపోలి ఉంటాయి. కాని దాని పై భాగానగల ఉష్ణోగ్రత చాలా హెచ్చు.

భూమి

భూమియొక్క సైన్ధికస్వరూపాలూ, వాతావరణ స్థితి, వృక్షజాతులూ, జంతు జాతులూ మొదలైన వివరాలను గురించి మనం బట్టిలో జియోగ్రఫీ, సైన్సు, హిస్టరీ క్లాసులలో నేర్చుకున్నాం. అయితే, సౌరకూటానికి చెందిన గ్రహాలలో భూమికూడా ఒకటి గనక కొన్ని వివరాలు సంగ్రహంగా ఇక్కడ తెలుసుకోవటం అవసరం.

భూమధ్య రేఖ మీదుగా 7,927 మైళ్ళ వ్యాసంగల గోళం భూమి. ధ్రువాలమీదుగా దాని వ్యాసం నిడివి 7,900 మైళ్ళు. అది భూమికి 930 లక్షల మైళ్ళదూరాన ఉండి, 365.25 రోజుల కొకసారి సూర్యుణ్ణి చుట్టివస్తున్నది. ఈ కాలాన్ని మనం సంవత్సరమంటాం. అలా చుట్టి వస్తూనే అది తన అక్షంమీద 23 గంటల 56 నిమిషాలకొకసారి పరిభ్రమిస్తున్నది. ఈ కాలాన్ని ఒక రోజుంటాం. పరిభ్రమణం వల్లనే పగలూ, రాత్రీ ఏర్పడుతున్నాయి. అయితే గ్రహాల

మధ్య రాకెట్ లో ప్రయాణించేవారికి రాత్రి, పగలూ ఉండవు.

సుమారు 200 మైళ్ల ఎత్తువరకూ భూమిపైన గాలి పొర ఉన్నది. అది భూమికి చేరువలో సాంద్రంగా ఉండి, పైకి వెళ్ళినకొద్దీ పలచనవుతుంది. గాలిలో 99 శాతం ఇరవైమైళ్ళు ఎత్తు లోపునే ఉన్నది. గాలిలో ఆక్సిజను, నైట్రజను, కార్బన్ డైఆక్సైడ్ లాటి వాయువులు చేరి ఉన్నాయి. ఆక్సిజను లేకపోతే భూమిపై ప్రాణులుండడం సాధ్యమయేదికాదు. భూమికి గాలిపొర ఒక దుప్పటిలాటిది. గాలిపొరే లేకపోతే బహిరాకాశంనుంచి ఉల్కా శిలలూ, “కాస్మిక్” కిరణాలూ, “అల్ట్రానయెలెట్” కిరణాలూ భూమిపై వచ్చిపడి, ఎంతో ప్రమాదం కలిగించిఉండును. గాలి పొరేలేకపోతే పగటివేళ సూర్యుడివేడి భూమిని మాడ్చేసి ఉండును; రాత్రివేళ సరస్సులూ, చెరువులూ చలికి పేరుకు పోయి ఉండును. అయితే, గాలి ఒకచోటినుంచి మరొక చోటికి వీస్తుంది గనుక, అది శీతోష్ణస్థితులను సమం చేస్తున్నది. గాలికిగల ఉష్ణవాహకశక్తి చాలా కొద్ది. ఆకారణం చేత రాత్రివేళల భూమి తనవేడిని శీఘ్రంగా కోల్పోదు.

నక్షత్రాలు మిణుకు మిణుకుమనడంకూడా గాలిపొర కారణంగానే. నక్షత్రం ఒక బిందువు (చుక్క). దాని నుంచి వచ్చే కిరణాలు వాతావరణంయొక్క కదలికకు చెదరి పోతుంటాయి. అందుచేత నక్షత్రం ఒకప్పుడు కనబడతూ,



ఒకప్పుడు కనబడకుండాపోతూ ఉంటుంది. కనుకనే అది మిణుకు మిణుకు మంటూంటుంది. వేరువేరురంగుల కాంతి కిరణాలు వేరువేరు ప్రమాణాలలో వక్రీభవనం పొందుతాయి గనుక, నక్షత్రం మిణుకుమిణుకు మనడంతో బాటు రంగులు కూడా మారుతూంటాయి. నక్షత్రం దిబ్బిండలానికి చేరు వగా ఉన్నప్పుడు దానికాంతి గాలిపొరలో హెచ్చుదూరం ప్రయాణిస్తుంది గనుక మరింతగా మిణుకు మిణుకుమంటుంది. భూమినిదాటి పైకి రెండువందలమైళ్ల ఎత్తుకు పిల్లినట్లయితే, ఆక్కడ వాతావరణ మేమీ ఉండదుగనక, నక్షత్రాలు మిణుకు మిణుకుమనవు.

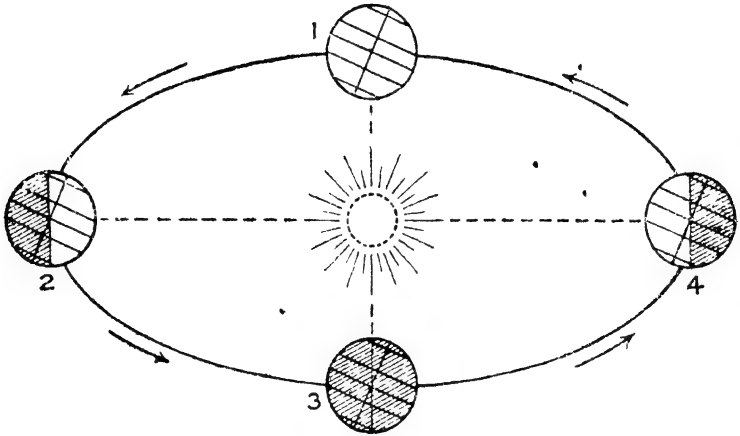
గాలిపొరలోని అణువులు సూర్యకిరణాలను వికిరణ పరుస్తాయి. ఇతరకిరణాలన్నిటికన్న నీలకిరణాలు అధికంగా వికిరణం కావడంచేత ఆకాశం నీలంగా కనిపిస్తుంది. కాని, రెండువందలమైళ్ల ఎత్తున వాతావరణం లేనికారణం చేత ఆకాశం సల్లగా కనబడుతుంది. గాలిచేత వికిరణం పొందే సూర్యకిరణాలకాంతి తీవ్రత నక్షత్రకాంతికన్న హెచ్చు కావడంచేత పగలు నక్షత్రాలు కనబడవు. కాని, రెండు వందలమైళ్ల ఎత్తున కాంతివికిరణం ఉండదు గనుక, సల్లని ఆకాశంలో సూర్య చంద్ర గోళాలూ, నక్షత్రాలూ ఏక కాలమందే కానవసాయి.

గురుత్వాకర్షణ బలం ఉండడంచేత భూమి అనేక మైనవాటిని పట్టి ఉంచుకున్నది. గురుత్వాకర్షణ లేకపోతే

వాతావరణంలోని అణువులు ఎప్పుడో భూమినుంచి పలాయనంచేసి ఉండేవి. అంతేగాక, భూమియొక్క పరిభ్రమణ బలంవల్ల దానిపై నవున్న సమస్తవస్తువులూ — సముద్రాలలోనూ, సదులలోనూ, సరస్సులలోనూ ఉండే నీరూ, భూమిపై భాగాన ఉండే శిలలూ, ఇసుకా, ప్రాణులూ, మనుష్యులూ — అన్నీ భూమినుంచి విసిరివేయబడేవి! భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణవల్లనే చంద్రగోళం భూమిచుట్టూ తిరుగుతున్నది. అంతరిక్షయాత్ర చేయదలచినవాడు ముందు ఈగురుత్వాకర్షణనుంచి బయటపడాలి. ఇందుకు అవసరమైన వేగం సెకండుకు 7 మైళ్లు. అంటే, భూమినుంచి సెకండుకు 7 మైళ్ల వేగంతో కదిలే ఏవస్తువైనా భూమియొక్క ఆకర్షణనుంచి తప్పించుకుని అంతరిక్షంలోకి వెళ్లిపోగలదు.

భూమి తనచుట్టూ తానుతిరిగే అక్షం అది సూర్యుడి చుట్టూనడిచే కక్ష్య ఉండే సమతలానికి లంబ కోణంలో ఉండక కొంచెం (23½ డిగ్రీలు) వాలుగా ఉన్నది. భూమి సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగేటప్పుడు అక్షం ఉండే దిక్కులోగాని, వాలులోగాని మార్పేమీ ఉండదు. ఇందువల్ల భూమిపై భిన్న శీతోష్ణస్థితు లేర్పడ్డాయి. జానుమాసంలో భూమధ్య రేఖకు ఉత్తరంగా ఉండే భూభాగం సూర్యుడికేసి వారి ఉంటుంది, భూమధ్యరేఖకు దిగువగా (దక్షిణంగా) ఉండే

భూభాగం సూర్యుడికి దూరంగా వాలి ఉంటుంది. కనుక ఉత్తరభూభాగానికి హెచ్చువేడి, హెచ్చుకాంతి లభిస్తాయి. ఇదే మనకు వేసవి. డిసెంబరుమాసంలో ఉత్తరభూభాగం



పటము 9

భూమిపైన యిటువలు :

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1. మార్చి 21,     | 2. జూన్ 21,     |
| 3. సెప్టెంబరు 21, | 4. డిసెంబరు 21. |

సూర్యుడికి పెడగానూ, దక్షిణభాగం సూర్యుడికేసీ వంగి ఉంటాయి. అందుచేతనే ఆస్ట్రేలియా, దక్షిణాఫ్రికా, దక్షిణ అమెరికాలాటి దక్షిణప్రాంతాలకు డిసెంబరు నడివేసవి. మార్చి, సెప్టెంబరు మాసాలలో ఏభాగమూ సూర్యుడికేసి

గాని, పెడగాగాని ఉండదు. అందుచేత అప్పుడు ఏభాగానికి వేసవీ కాదు, శీతకాలమూ కాదు.

భూమియొక్క చుట్టుకొలత ఎలా కొలుస్తారు ?

రెండువేల రెండువందల ఏళ్లక్రితం (క్రీ. పూ. 250 లో) ఎరాటోస్థెనిస్ అనే గ్రీకుశాస్త్రవేత్త, అలెగ్జాండ్రీయా నివాసి, మొట్టమొదటగా భూమియొక్క చుట్టుకొలత కొలిచాడు. సూర్యుడు ఎల్లప్పుడూ మిట్టమధ్యాహ్నం వేళ సూటిగా నడినెత్తిన ఉండకపోవడం మనకు తెలిసినదే. ఒకప్పుడు సూర్యగోళం నడినెత్తికి కొంచెం దక్షిణంగానూ, ఒకప్పుడు కొంచెం ఉత్తరంగానూ ఉంటుంది. మార్చి 21 న సూర్యగోళం ఒక ప్రదేశంలో నడినెత్తికి ఎంతపెడగా ఉంటుందనేది ఆ ప్రదేశంపై అక్షాంశంపై ఆధారపడుతుంది, దానిని బట్టి మిట్టమధ్యాహ్నంపు నీడలనిడివికూడా మారుతుంది.

ఎరాటోస్థెనిస్ అలెగ్జాండ్రీయా, అస్వాన్ నగరాలు రెంటిలోనూ సమమైన నిడుపుగల రెండు కర్రలు పాతాడు. జూన్ 21 నాడు మధ్యాహ్నం రెండింటి నీడలూ కొలిచి, రెండునగరాల అక్షాంశంలోనూ 7.2 డిగ్రీల వ్యత్యాసం ఉన్నదని తెలుసుకున్నాడు. రెండునగరాల మధ్యాగలదూరం 493.2 మైళ్లని ఆయన కొలిచి కనుక్కున్నాడు. భూమి గోళమనుకున్నట్లయితే, దానిపరిధి భూమియొక్క కేంద్రానికి 360 డిగ్రీలు ఆక్రమించి ఉంటుంది. 493.2 మైళ్ల పరిధి 7.2

డిగ్రీలు అక్రమించినట్లయితే 360 డిగ్రీల పరిధి ఎంతో తేలికగా గుణించవచ్చు. ఇలా గుణించగా భూమిచుట్టు కొలత 24,662 మైళ్లు వచ్చినది. ఈనాడు లభ్యమయ్యే నిద్రుప్త పరికరాలతో గుణించగా భూమియొక్క చుట్టుకొలత 24,860 మైళ్ళని లెక్క తేలుతున్నది. 2,200 ఏళ్లక్రితమే ఈ సరితయిన కొలతకు అంత దగ్గరకొలత లభించడం నిజంగా అశ్చర్యకరం!

ఈనాడు పెద్ద టెలిస్కోపుల సహాయంతో నక్షత్రాలు ఉచ్చలో ఉండే స్థానాలను వివిధ అంతఃశముల మీదినుంచి నిర్ణయించి తద్వారా భూమియొక్క చుట్టుకొలత గుణిస్తారు. నక్షత్రాలు కేవలమూ బిందువులు గనుక అవి ఉచ్చస్థానాన్ని అధిగమించే స్థానాలను అతి సూక్ష్మంగా కొలవవచ్చు.

చంద్రుడు

ఆకాశాన వెలిగే చంద్రుణ్ణి అనాదిగా కవులూ, రచయితలూ, కాముఖలూ, ప్రేమికులూ కీర్తిస్తూ వస్తున్నారు. “మనకేది ఎక్కువ ఉపయోగం — ఎండా, వెన్నెల?” అని ఒక ప్రాచీన రవ్యను రచయిత ప్రశ్న వేసి, దానికి తానే ఇలా సమాధానంచెప్పాడు: “వెన్నెలే మనకు ఎక్కువ ఉపయోగం. ఎందుకంటే, పట్టపగలు బోలెడంత వెలుగు ఉండే సమయంలో సూర్యుడు ప్రకాశిస్తాడు, కాని

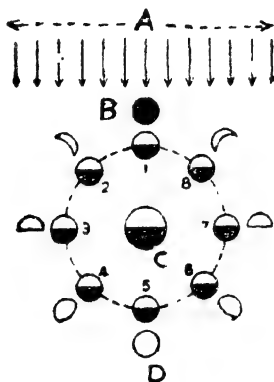
రాత్రివేళ అంతటా అంధకారంగా ఉండేబప్పుడు చంద్రుడు ప్రకాశిస్తాడు.”

ఇది తప్పని మనకు తెలుసు. సూర్యుడు ప్రకాశించడంవల్లనే మనకు పగలు ఏర్పడుతున్నది. రాత్రివేళ చంద్రగోళం సూర్యకాంతినే ప్రతిఫలించి మనకు వెలుగు సిస్తున్నది. ఒక్కచంద్రుడే కాదు, బుధుడూ, శుక్రుడూ, గురుడూ, శని — అన్ని గ్రహాలూ అరువు కాంతితోనే ప్రకాశిస్తున్నాయి.

చంద్రుడు మనభూమికి ఉపగ్రహం. అది 2,38,000 మైళ్ల దూరాన ఉండి, పడమరనుంచి తూర్పుకు నడుస్తూ, 27½ రోజులకొకసారి భూమిని చుట్టివస్తున్నది. ఆకాశగోళాన్ని టేకన్నా ఇది భూమికి అత్యంతసన్నిహితమైనది. కనుకనే, అది చిన్న పరిమాణంగాలదైనా ఇంచుమించు సూర్యుడంత పరిమాణంలో మనకు కనిపిస్తున్నది. దాని వ్యాసం 2,162 మైళ్లు. దాని బరువు భూమిబరువులో 81 వ వంతు. దానిపై భాగాన గురుత్వాకర్షణబలం భూమిపై భాగంమీద ఉండే దానిలో 6 వ వంతు. అంటే, భూమిపైన 150 పౌనులు తూగే మనిషి చంద్రునిపైన 25 పౌనులుమాత్రమే తూగుతాడు. సెకండుకు ఒకటిన్నరమైళ్లవేగంతో కదిలే వస్తువు చంద్రుడి గురుత్వాకర్షణనుంచి తప్పించుకుపోగలదు. చంద్రుడి ఉపరితలాన ఒకప్పుడు గాలి, నీటి ఆవిరీ ఉండిఉండవచ్చు. కాని, వాటి అణువులు చంద్రుడి ఆకర్షణనుంచి

తప్పించుకుపోవడంవల్ల, ప్రస్తుతం చంద్రుడిపైన గాలి గాని, నీటి ఆవిరిగాని లేనట్లు కనిపిస్తుంది.

భూమియొక్క చుట్టుకొలతను కనుక్కోవడానికి ఉపయోగించిన పద్ధతిలోనే భూమికి చంద్రుడికి మధ్యదూరాన్ని సరిగా కనుక్కోవచ్చు. సూటిగా ఉత్తర దక్షిణాలలో ఉండే రెండు స్థలాలనుంచి చంద్రుడు ఉచ్చలో ఉన్నప్పుడు దానిస్థానంలో ఎంత కోణవ్యత్యాసం కనిపిస్తుందో కొలిచి చూడాలి. ఈకోణాలనుబట్టి, రెండుస్థలాలమధ్యాగల దూరాన్నిబట్టి చంద్రుడిదూరాన్ని సరిగా అంచనాకట్టవచ్చు.



పటము 10

చంద్రుడి కళలు :

(A : సూర్యకాంతి, B : అమావాస్య చంద్రుడు,

C : భూమి, D : పున్నమి చంద్రుడు)

చంద్రుడి కళలు హెచ్చడమూ, తగ్గడమూ అన్నది అనాదిగా తెలిసినదే. అవి, చంద్రుడు భూమిమీదటూ తిరిగేటప్పుడు, చంద్రుడు ప్రతిఫలించే సూర్యకాంతి పడే భూభాగాలపైన ఆధారపడతాయి.

10 వ చిత్రంలో ఒకటి అనే గుర్తుగల చోట చంద్రగోళం, సూర్యగోళం భూమికి ఒకే దిక్కుగా ఉన్నాయి. భూమికి అభిముఖంగా ఉన్న చంద్రుడిభాగం చీకటిగా ఉండేది; ఆ భూభాగానికి అప్పుడు పగలు. చంద్రుడు సూర్యుడితోబాటు ఉదయించి సూర్యుడితోబాటు అస్తమిస్తాడు. ఆరోజును అమావాస్య అంటారు. అయిదు అనే గుర్తుగల చోట చంద్రుడూ, సూర్యుడూ భూమికి చెరోక వైపునా ఉన్నారు. చంద్రునిలో కాంతిమంతమైనభాగం భూమికి అభిముఖంగా ఉన్నది; భూమికి అప్పుడు రాత్రి. అందుచేత రాత్రిపొడుగునా నిండుకళలతో పూర్ణచంద్రుడు కనిపిస్తాడు. దీనినే పూర్ణిమ అంటారు. భూమిమీదినుంచిచూస్తే చంద్రుడిలోని కాంతిమంతమైనభాగం పెరగడమూ, తరగడమూ చిత్రంలో చూపబడి ఉంది.

అయితే ఇక్కడ ఒకవిషయం స్పష్టంచెయ్యాలి. ఒకటి గుర్తుగల చోట చంద్రుడు సూర్యుడికి అడ్డువచ్చి సూర్యగ్రహణం కలగాలి. అలాగే అయిదు గుర్తుగలచోట భూమియొక్క నీడ చంద్రుడిపై పడి చంద్రగ్రహణం కలగాలి. అంటే, ప్రతి అమావాస్యకూ సూర్యగ్రహణమూ,



ప్రతి పూర్ణిమకూ చంద్రగ్రహణమూ కలగాలన్నమాట. కాని వాస్తవానికి అలా జరగదు. ఎందుకంటే చంద్రుడు భూమిచుట్టూతిరిగే కక్ష్య భూమి సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగే కక్ష్యకు ఏ డిగ్రీలు ఏటవాలుగా ఉన్నది. అందుచేత భూమి, చంద్రుడూ, సూర్యుడూ నెలకు రెండుపర్యాయాలు ఒకే సరళరేఖలోకి రావడం జరగదు. ఏడాదిమీద రెండుమూడు సార్లు అవి అలా ఒకరేఖలోకి వచ్చినప్పుడు మాత్రమే గ్రహణాలు కలుగుతాయి. కాని చిత్రాన్నిబట్టి ఒకటి స్పష్టమవుతుంది: సూర్యగ్రహణం అమావాస్యనాడే కలుగుతుంది, చంద్రగ్రహణం పూర్ణిమనాడే కలుగుతుంది.

సముద్రతీరాన నివసించేవారు పున్నమికి, అమావాస్యకూ సముద్రపు పోటురావడం గమనిస్తారు. మామూలు గోజలకంటే ఆగోజలలో ఆలలు పెద్దవిగా ఉంటాయి, సముద్రం పొంగుతుంది; తీస్తుంది. చంద్రుడియొక్క గురుత్వాకర్షణే ఇందుకు కారణం. అమావాస్యనాడూ, పూర్ణిమనాడూ సూర్యచంద్రగోళాలు భూమికి ఒకే పక్కన, రెండు పక్కలా ఉండి సముద్రపు నీటిని లాగుతాయి. అందుచేత సముద్రపునీరు పొంగి, పోటు వస్తుంది. అలలుకూడా ఎత్తుగా లేస్తాయి. మధ్యగోజలలో సూర్యచంద్రుల ఆకర్షణలు కలిగే దిక్కులు సమగోణంలో ఉండడంచేత సముద్రజలం ఒకచోట కూడుకునే అనకాశం ఉండదు. కనుక సముద్రమట్టం పెరగదు.

ఈవిధంగా సముద్రాలలో పోటు పాటు ఏర్పడడం వల్ల ఒక ముఖ్యమైన ఫలితం ఏర్పడుతున్నది. చంద్రుడు భూమిని చుట్టి వచ్చేటప్పుడు దానితోబాటు “వేల్‌ర్వ్” (tidal wave) కూడా కదులుతుంది. అది కదిలేటప్పుడు భూమి కేసి ఒడుసుకుంటుంది. ఈ ఘర్షణం వల్ల భూమియొక్క పరిభ్రమణవేగం కొద్దిగా తగ్గుతుంది. కడచిన 1,20,000 సంవత్సరాల కాలంలో రోజుయొక్క ప్రమాణం ఒక్క సెకండు పెరిగినట్లు అంచనాకట్టారు. ఇది కావడానికి అత్యల్పమే గానీ, అనేకవందల కోట్ల సంవత్సరాల మీదట రోజుయొక్క ప్రమాణం బాగానే పెరుగుతుంది.

చంద్రుడికన్న భూమి చాలాపెద్దది గనుక ఈవిధమైన వేల్‌ఫుర్షణం చంద్రుడిలో చాలాహెచ్చుగా ఉండాలి. అందుకనే చంద్రగ్రోహం పరిభ్రమణవేగం మరీవేగంగా తగ్గిపోయి, ఇప్పుడది తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి 27½ రోజులు పడుతున్నది. అనగా, చంద్రుడు తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టే కాలమూ, భూమిచుట్టూ తిరిగి రావడానికి పట్టే కాలమూ ఒకటయ్యాయి.

సూర్యుడు భూమికి చాలాదూరాన ఉన్నందున సముద్రాలపై సూర్యుడి ఆకర్షణబలంకంటే, చంద్రుడి ఆకర్షణబలం చాలా జాస్తి. వేల్‌ఫుర్షణఫలితంగా భూమియొక్క పరిభ్రమణవేగం క్రమంగా తగ్గేకొద్దీ, పరిభ్రమణనియమాల

ప్రకారం భూమికి చంద్రుడికి మధ్య ఉండేదూరం క్రమంగా పెరగాలి. అందుచేత చంద్రుడు భూమిని చుట్టివచ్చే కాలం కూడా హెచ్చాలి. మరి 5,000 కోట్ల సంవత్సరాలకు భూమి తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టేకాలం 47 రోజులకు పెరుగుతుంది. అప్పటికి చంద్రుడు భూమికి 3,40,000 మైళ్ల దూరంలో ఉంటాడు. చంద్రుడు భూమిని చుట్టివచ్చే కాలం కూడా 47 రోజులే అవుతుంది. భూమి తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టేకాలమూ, చంద్రుడు భూమిచుట్టూ తిరిగి రావడానికి పట్టేకాలమూ ఒకటి అయిన అనంతరం, చంద్రుడి గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా ఉండే పాలుపోట్లు భూమి యొక్క పరిభ్రమణకాలాన్ని మరి పెంచవు.

అయితే, అప్పటికీ సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణ బల ప్రభావం భూమిపై న ఉండనే ఉంటుంది. ఈ కారణంగా భూమియొక్క పరిభ్రమణకాలం హెచ్చుతూ పోతుంది. దాని ఫలితంగా చంద్రగోళం నింపాదిగా భూమి కేసి రాసాగు తుంది. చంద్రుడిలా భూమిని సమీపించకుండా అడ్డుకునే శక్తి ఏదీలేదు. మరి 5,000 కోట్ల ఏళ్లకు చంద్రుడు భూమికి చాలాదగ్గరగా వస్తాడు. అలా చంద్రగోళం భూమియొక్క “రోచ్ అవధి” (Roche Limit) చేరగానే భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా ముక్కలు ముక్కలైపోతుంది. (ఇది ముందు శనిగ్రహాన్ని గురించిన భోగట్టాలో వివరించి ఉన్నది.) పగిలిపోయిన చంద్రుడి ముక్కలు భూమిచుట్టూ

పరిభ్రమించుటూ, శనిచుట్టూ ఉండే వలయాలవంటి వలయంగా ఏర్పడతాయి.

## • అంగారకుడు

అంగారకగ్రహం సూర్యుడికి 1,417 లక్షల మైళ్ల సరాసరి దూరంలో ఉన్నది. అయితే దాని కక్ష్య దీర్ఘవృత్తం కావడంచేత అది సూర్యుడికి 260 లక్షల మైళ్ల దూరంలోకి కూడా వస్తుంది. భూమికి, అంగారకుడికి మధ్య ఉండే దూరం 345 లక్షల నుంచి, 629 లక్షల మైళ్ల వరకు మారుతూ ఉంటుంది.

అంగారకకణ్ణి తెలిస్కోపుతో చూసినప్పుడు దాని ఉపరితలాన అనేక వివరాలు కనిపిస్తాయి. దాని ధ్రువాల చుట్టూ ఉండే ప్రదేశం తెల్లగా కనిపిస్తుంది. ఏ ధ్రువాన శీతకాలమైనప్పుడు ఆ ధ్రువప్రాంతంలో తెల్లని ప్రదేశం పెరిగిపోతుంది. అదేవిధంగా వేసవిలో తరిగిపోతుంది. అందుచేత, భూమియొక్క ధ్రువాలవద్దలాగే, అంగారకధ్రువాలుకూడా మంచులోకప్పి ఉన్నట్టు భావిస్తున్నారు. వేసవిలో ఎండవేడికి మంచుకరిగి, తెల్లనిభాగాలు తరిగి పోతాయని ఊహిస్తున్నారు. అయితే ఈ మంచు కరుడుగట్టిన నీరో, కరుడుగట్టిన బొగ్గుపులుసుగాలో తెలియదు.

అంగారకగ్రహంలో వాతావరణం చాలా పలచన. దానిలో అక్సిజనూ, నీటి ఆవిరి బహుకొద్దిగా ఉన్నాయి.

ఉండిన ఆక్సిజనులో చాలాభాగం శిలలచేత గ్రహించబడిందనీ, అందుచేత అవి గోధుమరంగుకు తిరిగాయనీ, కనుకనే అంగారకగ్రహం గోధుమరంగుగా కనిపిస్తున్నదనీ నమ్ముతున్నారు. అక్కడి వాతావరణంలో ఆక్సిజను తక్కువగా ఉండడాని కిదేకారణం కావచ్చు. మన మెరిగిన జంతువులలాటివి ఆక్సిజను ఇంత అల్పంగాగల వాతావరణంలో జీవించలేవు. అయితే మనకు తెలియని జీవరాసు లక్కడ అభివృద్ధి చెంది ఉండవచ్చు.

### పట్టిక 3 : ఉపగ్రహాలను గురించిన వివరాలు

గ్రహం	ఉపగ్రహం	ఉపగ్రహం	ఉపగ్రహం	గ్రహాన్ని		
		ఉండేదూరం (మైళ్లలో)	వ్యాసం (మైళ్లలో)	చుట్టివచ్చేకాలం రో. గం. ని.		
భూమి	చంద్రుడు	2,39,857	2,160	27	7	43
అంగరకుడు	1 ఫోబోస్	5,800	10?	0	7	39
..	2 డైమోస్	14,600	5?	1	6	18
గురుడు	1 అయో	2,61,800	2,300	1	18	28
..	2 యూరోపా	4,16,600	2,000	3	13	14
..	3 గానిమీడ్	6,64,200	3,200	7	3	43
..	4 కాలిస్టో	11,68,700	3,200	16	16	32
..	5 —	1,12,600	100?	0	11	57
..	6 —	71,14,000	100?	250	16	—
		72,92,000	40?	260		

గ్రహం	ఉపగ్రహం	ఉపగ్రహం ఉండేదూరం (మైళ్లలో)	ఉపగ్రహం వ్యాసం (మైళ్లలో)	గ్రహాన్ని చుట్టవచ్చేచాలం వృత్. గం. ని.		
గురుడు	8*	—	1,46,00,000	40:	739	—
..	9*	—	1,50,00,000	20:	745	—
..	10	—	71,92,000	—	254	5
..	11*	—	1,40,27,000	—	692	12
శని	1	మైమోస్	1,15,000	400:	—	22
..	2	ఐన్స్ లేడస్	1,48,000	500:	1	8
..	3	జెతిస్	1,83,000	800:	1	21
..	4	డయోన్	2,34,000	700:	2	17
..	5	రియా	3,27,000	1,100:	4	12
..	6	టైటన్	7,59,000	2,600	15	22
..	7	హైపెరియన్	9,30,000	300:	21	6
..	8	యాపెటస్	22,10,000	1,000:	79	7
..	9*	ఫిబి	80,34,000	200:	550	—
యురేనస్	1*	ఎరియల్	1,19,000	600:	2	12
	2*	ఉంబ్రియల్	1,65,000	400:	4	3
	3*	టైటేనియా	2,72,000	1,000:	8	16
	4*	టెటెరాన్	3,64,000	900:	13	11
	5	మిరాండా	—	—	—	—
నెప్ట్యూన్	1*	టైటన్	2,20,000	2,800:	5	21
	2	నెరీడ్	50,00,000	200:	730	—

\* ఈ గుర్తుగల ఉపగ్రహాలు వక్రంగా, అంటే తూర్పునుంచి పడమరకు తిరుగుతున్నాయి.

(గ్రహాలు సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగేటప్పుడూ, తమ ఆక్షలనిండ తాము తిరిగేటప్పుడూ కూడా పడమరనుంచి తూర్పుకు కదులుతాయి.)

1877 లో పియాపరెల్లి అనే ఇటాలియను శాస్త్ర వేత్త అంగారకుడిపైన సన్నని, నిడుపైన గీరలు గమనించి అది “కాలువలు” అని ఊహించాడు. ఈమాట ప్రజల మనస్సులలో పాతుకుపోయి, పెరిమెరి భావకల్పనలకు దారితీసింది. ప్రజ్ఞావంతులుసూత్రమే కాలువలను నిర్మించ గలరు, కనుక అంగారకుడిలో మానవులలాటి మేధావి ప్రాణులుండి ఉండాలి! ప్రొఫెసర్ పెర్సివల్ లవల్ తన జీవితమంతా ఈకాలువలను శ్రద్ధగా గమనిస్తూ, వాటిని గురించి అనేకవ్యాసాలు రాశాడు. అందరూ అనుకునే దేమంటే, ధ్రువప్రాంతాల మంచు కరిగేటప్పుడు ఆ నీటిని నిర్జలప్రాంతాలకు తేవడానికి కాలువలుతవ్వతారనీ, కాలువల కిరువైపులా అనేకమైళ్ల మేర వ్యవసాయం సాగే ప్రదేశం మనకు గీరలుగా కనిపిస్తుందనీ, వ్యవసాయ ప్రదేశమూ, అరణ్యాలూ మార్పుచెందుతూ ఉండడంచేత గీరలలో మనకు మార్పు కనిపిస్తుందనీనూ, అంగారకుడిలో వృక్షజాతులుండే పక్షులలో జంతుజాతులకూడా ఉన్నాయనుకోవచ్చు. మేధస్సుగల ప్రాణులకూడా ఉండవచ్చు, అయితే ఇదంతా నిజమో, లేక కేవలమూ భావనో ఈ నాటికికూడా తేల లేదు.

అంగారకుడికి రెండు చిన్న చందమామలు (ఉప గ్రహాలు) ఉన్నాయి. వారి పేర్లు ఫోబోస్, డేమోస్. ఫోబోస్ వ్యాసం 10 మైళ్లు. అది అంగారకుడికి 5,828 మైళ్ల

దూరాన ఉండి, 7 గంటల 39 నిమిషాల కొకసారి దానిని చుట్టి వస్తున్నది. అంగారకగ్రహం తనచుట్టూ తాను తిరగ దానికి 24 గంటల 37 నిమిషాలు పడుతుంది గనుక, ఈ ఉపగ్రహం రోజుకు మూడుసార్లు పడమట ఉదయించి, తూర్పున అస్తమించుతూ ఉంటుంది. జేమోస్ వ్యాసం నిడివి 5 మైళ్లు మాత్రమే. అది అంగారకుడికి 14,600 మైళ్ల దూరాన ఉండి, 30 గంటల కొకపర్యాయం ఆ గ్రహాన్ని చుట్టివస్తూ ఉంటుంది.

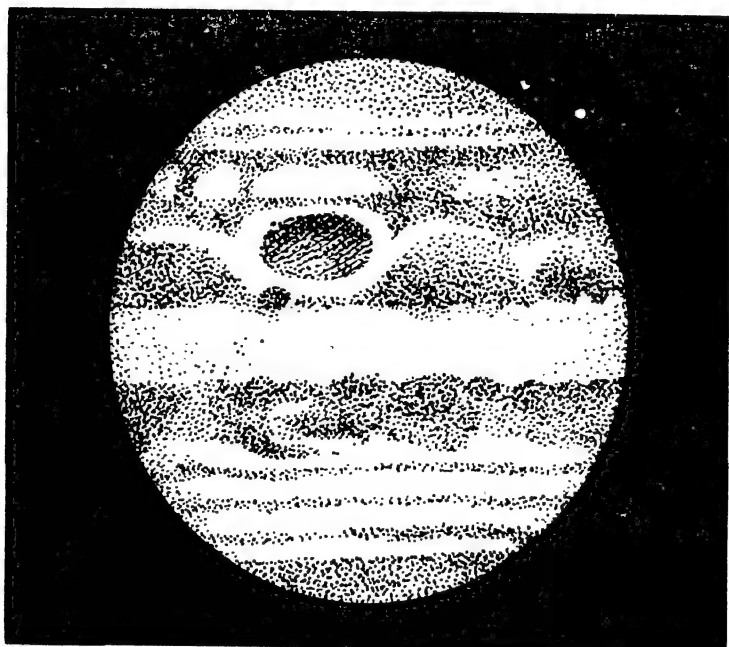
గురుడు

గ్రహాలన్నిటిలోకీ గురుగ్రహం పెద్దది. మిగిలిన గ్రహములన్నిటి బరువూ కలిసి గురువు బరువులో సగం ఉండదు. అది 9 గంటల 50 నిమిషాల కొకసారి తనచుట్టూ తాను తిరుగుతుంది. అది ఇంతవేగంగా పరిభ్రమించడంవల్ల దానినడుము ఉబికి ఉంటుంది. ధ్రువాలు కొంచెం నొక్కుకు పోయి ఉంటాయి.

ఔలిస్కోపులో చూసినప్పుడు గురుడిపైన అనేక వివరాలు కనిపిస్తాయి. దానిమధ్య రేఖకు సమాంతరంలో చాలా నల్లని చారలుంటాయి. ఒక్కొక్కప్పుడు దానిపైన ఒక ఎరుపు రంగు మచ్చకూడా కనిపిస్తుంది. వీటి ఆకారం ఒకప్పుడున్నట్టు మరొకప్పుడుండక పోవడంచేత ఈ గుర్తులు గురుగ్రహం ఉపరితలానికి చెందినవికావనీ, దాని వాతావర



ణానికి సంబంధించినవనీ భావిస్తున్నారు. ఈగుర్తులనాయం తోనే మనకు గురుగ్రహ పరిభ్రమణ కాలం తెలియవస్తున్నది. అయితే ఈగ్రహంలోని వివిధభాగాలు వివిధవేగాలతో తిరుగుతున్నాయి. అందుచేత మనకు కనిపించేది గురుడి వాతావరణమేననడాని కేమీ సందేహంలేదు. గురుడి వాతా



శటము 11

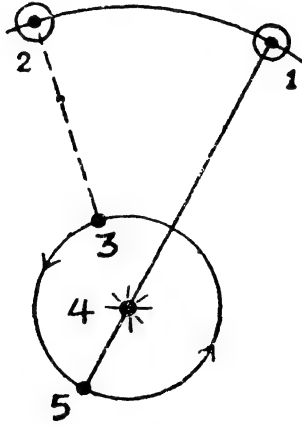
“గురుగ్రహం”

వరణం ఆ గ్రహానికి ఎగువగా 6,000 మైళ్ల దాకా విస్తరించి ఉన్నదనీ, దానిలో అమోనియా, మిథేన్ లాటి, విషవాయువులున్నాయనీ నమ్ముతున్నారు. గురుడి సాంద్రత చాలా తక్కువ (1.34). దీనిని బట్టి ఆ గ్రహంలో అధికభాగం వాయువులే నని స్పష్టమవుతున్నది.

గురు, శని, యురేనస్, నెప్ట్యూన్ గ్రహాలు చాలా పెద్దవి. వాటి గురుత్వాకర్షణబలం చాలా హెచ్చు. వాయువులన్నిటిలోకీ తేలిక అయిన హైడ్రోజను మనలో కంట్రో విడిగా కనిపించకపోయినప్పటికీ, నీటి ( $H_2O$ )లో చేరి ఉండి పుష్కలంగా ఉన్నది. స్వతంత్రంగా ఉండిన హైడ్రోజను అణువులు భూమియొక్క ఆకర్షణనుంచి తప్పించుకుని పోయాయి. నైట్రోజను, ఆక్సిజను, కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ లలాటి బరువైన వాయువులే విడిగా లభిస్తున్నాయి. అయితే, పైన చెప్పిన నాలుగు భారీ గ్రహాలలోనూ గురుత్వాకర్షణ హెచ్చుగనుక, హైడ్రోజను అణువులు తప్పించుకు పోలేక పోయాయి. అవి నైట్రోజను పరమాణువులతో సంయోగంపొంది అమోనియా ( $NH_3$ ) గానూ, కార్బను పరమాణువులతో చేరి మిథేన్ ( $CH_4$ ) బంధవాయువు (marsh gas) గానూ ఏర్పడతాయి. నెప్ట్యూన్, యురేనస్ గ్రహాలు సూర్యుడికి మరిదూరంగా ఉండడంచేత అక్కడి చలికి అమోనియా కరడుగడుతుంది. ఈ విషవాయువు

విస్తారంగాగల ఆ గ్రహాలలో ప్రాణులుండడం అనుమానాస్పదం.

గురుడికి పన్నెండు “చందమామ” లున్నాయి. వాటిలో గురుడికి సమీపంలో ఉండే నాలుగు చందమామలు బైనాక్యులర్స్‌తో చూసినా కనిపిస్తాయి. ఈనాలుగింటికి మాత్రమే పేర్లున్నాయి. 1610 నాటికే గలీలియో వీటిని కనిపెట్టాడు. ఇవి నాలుగూ గురుణ్ణి ఎంతకాలంలో చుట్టి వస్తాయో అంతకాలంలోనే తమచుట్టూ తాము తిరుగు



పటము 12

“కాంతియొక్క వేగం”: గురుడి నుంచి వచ్చే కాంతికిరణాల సాయంతో, రోమర్ అనే డేనిష్ కాస్ట్రోనేట్ కాంతి వేగాన్ని కనుగొన్నాడు. .

(1, 2 : గురుడు. 3, 5 : భూమి. 4 : నూర్యుడు).

తాయి; అంటే గురుడికేసి ఎప్పుడూ ఒకే “ముఖం” చూపుతాయి. ఇదికూడా వేలాఘర్వణ ఫలితమే.

అన్ని గ్రహాలు సూర్యుణ్ణి చుట్టేటప్పుడు పడమరనుంచి తూర్పుకు కదులుతాయి, అవి తమచుట్టూ తాముతిరిగేది కూడా ఆ దిక్కుగానే. గురుడికి దూరంగా ఉండే మూడు ఉపగ్రహాలు (పట్టిక 4 లో 8\*, 9\*, 11\* గుర్తుగలవి). దీనికి వ్యతిరేకమైన దిక్కులో, అంటే తూర్పునుంచి పడమరకు, గురుగ్రహంచుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.

1675 లో రోమర్ అనే డేనిష్ శాస్త్రవేత్త గురుగ్రహ చందమామల సాయంతో కాంతి వెగాన్ని గుణించాడు. ఈ చందమామలు గురుగ్రహంచాటుకు వెళ్లినప్పుడు వాటికి “గ్రహణం” కలుగుతుంది. భూమికి గురుడు ఎక్కువదూరంలో (స్థానం 1 లో) ఉన్నప్పుడు ఈ గ్రహణాలు గుణించిన సరాసరి సమయంకన్న చాలా ఆలస్యంగా కలిగాయి. భూమి గురుడికి తక్కువదూరంలో (స్థానం 2లో) ఉన్నప్పుడు గుణించిన సరాసరి సమయంకన్న ముందుగా కలిగాయి. రోమర్ దీన్ని గుర్తించి శ్రద్ధగా పరిశీలించిన మీదట దీనికి కారణం ఇలా చెప్పాడు: “గురుడు మొదటి స్థానంలో ఉన్నప్పుడు కాంతి హెచ్చుదూరం ప్రయాణించి భూమిని చేరాలి గనుక గ్రహణాలు ఆలస్యంగా కలిగినట్టు కనిపిస్తుంది”. ఈ ఆలస్యం సుమారు 1,000 సెకండ్లు. గురుడి రెండుస్థానాలమధ్యగల దూరంలో తేడా

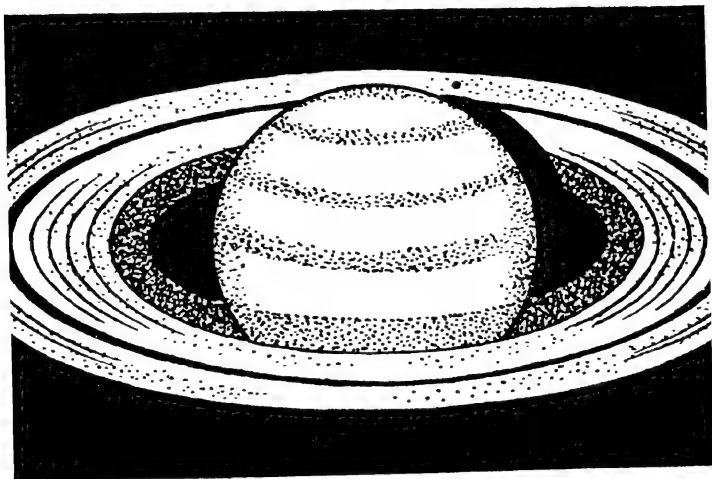
18,60,00,000 మెళు. అందుచేత కాంతివేగం నెకండుకు 1,86,000 మైళ్లని తేలింది. ఈవేగాన్ని ఇతర విధాల గుణించగా ఇది సరిగానే ఉన్నట్లు రుజువయింది.

శని

భారతీయ జ్యోతిషాస్త్రంలో శని నీచగ్రహం ; అది దురదృష్టదాయకమంటారు. కాని యూరపియనుల సామ్రదాయంప్రకారం ప్రపంచాన్ని శని పరిపాలించిన కాలం “స్వర్ణయుగం”. కేరళదేశంలో మహాబలి పాలించినప్పుడు ఉండిన స్వర్ణయుగానికి గుర్తుగా యేటేట “ఓనమ్” పండుగ చేసుకుంటారు. అలాగే ఇటలీలో శని ప్రభువు పరిపాలించిన నాటి స్వర్ణయుగానికి చిహ్నంగా డిసెంబరు మాసంలో “శాటర్నలియా” ఉత్సవం జరిపేవారు. ఈ పండుగనే క్రీ. శ. అయిదవశతాబ్దిలో క్రైస్తవులు క్రిస్మస్ పండుగగా అవలంబించి, క్రీస్తు జననోత్సవం జరుపుతున్నారు.

సూర్యుడి నుంచి భూమికన్న పదింతలు దూరంలో ఉన్న శని ఒక కరుడుగట్టిన ప్రపంచం. ఈ గ్రహంయొక్క సాంద్రత 0.69 మాత్రమే, అంటే నీటి సాంద్రతకంటెకూడా తక్కువ. అయితే ఒక్కవిషయం గుర్తుంచుకోవాలి. దూరాన గల గ్రహాల వ్యాసాలను తెలిస్కోపుల సాయంతో కొలిచేటప్పుడు, వాటి మేఘాలు సూర్యకాంతిని బాగా ప్రతిఫలిస్తాయనుక, వాటి కొలతలలో మేఘాలుకూడా చేరి

పోతాయి. అసలు గ్రహం పరిమాణానికి మబ్బుల పరిమాణంకూడా కలుస్తుంది. కనుక సరాసరి సాంద్రత తగ్గి కనిపిస్తుంది. (బరువును పరిమాణంచేత భాగిస్తే సాంద్రత వస్తుంది.) పెద్దగ్రహాలన్నిటినీ చాలాఎత్తు దాకా వాతావరణం ఆవరించి ఉండడంచేత వాటి సాంద్రతలు చాలా తక్కువగా—1.36, 1.34, 1.32, 0.69 గా—ఉంటాయి. శనిగ్రహంచుట్టూ విస్తృతమైన మేఘమండలం ఉండి ఉండాలి. అందుకే దాని సాంద్రత అంత తక్కువ.



పటము 13 .  
“శనిగ్రహం”

10½ గంటల కొకసారి శనిగ్రహం తనచుట్టూతాను తిరుగుతుంది. పరిభ్రమణవేగం ఇంత హెచ్చుగా ఉండడం చేత దీనికికూడా నడుము ఉబికి, ధ్రువాలు నొక్కుకుపోయి ఉంటాయి. మధ్యరేఖవెంబడి, ధ్రువాలమధ్యా ఈ గ్రహం యొక్కవ్యాసాలలోగల వ్యత్యాసం 7,900 మైళ్లు. దీనిని బట్టికూడా ఈగ్రహాన్ని వాతావరణం దట్టంగా చుట్టి ఉన్నదని ఊహించవచ్చు. ఈవాతావరణంలో విస్తారంగాఉన్నవి అమోనియా, మిథేన్ వాయువులు. గురుడిలోలాగే శనిలో కూడా, మధ్యరేఖకు సమాంతరంలో వాతావరణం అనేక మండలాలుగా విభజించబడి ఉన్నది. అయితే శని గురుడి కన్న చాలా ఎక్కువదూరంలో ఉండడంచేత ఈ విభజన అంత స్పష్టంగా తెలియరాదు. శనిగ్రహ వాతావరణానికి అడుగున పేరుకొన్న మంచుశిలలున్నాయనీ, వాటికి కూడా దిగువగా శిలామయమైన కేంద్రభాగం ఉన్నదనీ నమ్ముతున్నారు. అయితే ఇందులోని నిజానిజాలు ఆ గ్రహానికి ప్రయాణమైవెళ్లి, ప్రత్యక్షంగా చూస్తేనేగాని తెలియవు.

ఆకాశంలోని గ్రహాలన్నిటిలోకీ ఎక్కువ అందమైనది శనిగ్రహం. 4 అంగుళాల టెలిస్కోపుతో చూసినప్పటికీ, తన చుట్టూ ఉండే వలయాలతో శని అత్యంత ఆకర్షణీయంగా కనబడుతుంది.

1610 లో గలిలియో తన చిన్న టెలిస్కోపుతో శనిగ్రహంచుట్టూ ఉన్న వలయంలో రెండు భాగాలు

చూసి, అవి ఏమిటో ఊహించలేక ఆశ్చర్యపోయాడు. 1655 లో హైగెన్స్ అనే శాస్త్రవేత్త ఈ గ్రహాన్ని మరింత పెద్ద బెల్జిస్కోపుతో చూసి, అవి శనిగ్రహాన్ని చుట్టి ఉన్న వలయాలని నిశ్చయించాడు. ఈవలయం నిడివి 41,000 మైళ్లు. కాని దానిమందం 10 మైళ్లుమాత్రమే. ఈవలయంలో మూడుభాగాలున్నాయి, వాటినిడివి వరుసగా 4,500 మైళ్లు, 16,000 మైళ్లు, 16,500 మైళ్లు. మొదటి భాగానికి రెండోభాగానికి మధ్య 1,000 మైళ్ల ఖాళీ ఉన్నది, రెండవ దానికి మూడవదానికి మధ్య 3,000 మైళ్ల ఖాళీ ఉన్నది. వలయమని పేరేగాని, ఇది ఘనపదార్థంతో కూడినది కాదు; చిన్న, పెద్ద నలుసులు తేనెటీగల తుగిడిలాగా గుమికూడి శనిగ్రహంచుట్టూ ప్రదక్షిణంచేస్తున్నాయి. అవి సూర్య కాంతిని ప్రతిఫలించడం చేత అవిచ్చిన్నమైన వలయంలాగా కనిపిస్తున్నాయి. అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త కీలర్ (1895) సెప్ట్రోస్కోపు సాయంతో వలయంలోని లోపలిభాగం హెచ్చువేగంతో తిరుగుతున్నదనీ, బయటిభాగం తక్కువ వేగంతో తిరుగుతున్నదనీ చూపాడు. దీనినిబట్టి వలయాలు నలుసులతో కూడినవని స్పష్టమవుతున్నది.

ఈవలయాలు ఎలా ఉద్భవించాయి? కొన్ని కోట్ల ఏళ్లక్రితం ఒక “చందమామ” శనిగ్రహానికి చాలా సమీపంగావచ్చి, దాని గురుత్వాకర్షణ బలానికి ముక్కలు ముక్కలయిందనీ, ఈ ముక్కలన్నీ గ్రహంచుట్టూ తిరుగు



తున్నాయనీ శాస్త్రజ్ఞులు నమ్ముతున్నారు. ఒక ఉపగ్రహం తానుచుట్టివచ్చే గ్రహానికి ఒక నిర్దిష్టదూరంలోకి వచ్చినప్పుడది ఆ గ్రహంయొక్క గురుత్వాకర్షణకు పగిలి, నలుసులై పోతుందని 1850 లో రోష్ అనే శాస్త్రవేత్త నిరూపించాడు. దీనినే “రోష్ అవధి” అంటారు.\* శని యొక్క వలయాలు రోష్ అవధిలోపల ఉండడం గమనించదగినది, మరే “చందమామ” ఈ అవధిలోపల లేదు.

శనికి తొమ్మిది చందమామలున్నాయి. వీటిలో చిట్టచివరిదైన “ఫీబి” వక్రగమనంగలది. గురుడి చందమామలలోకూడా చిట్టచివర ఉండేవి మూడూ వక్రగమనం గలవని లోగడ తెలుసుకున్నాం. “యాపెటస్” అనే మరొక చందమామ కాంతి శనిని చుట్టివచ్చేటప్పుడు ప్రతిచుట్టుకూ అయిదుమార్లు హెచ్చుతుంది; తగ్గుతుంది. దానిపక్కలలో

\* రోష్ అవధి : ఒక గ్రహంయొక్క సాంద్రత ‘P’, దాని అర్ధవ్యాసం ‘r’, దాని ఉపగ్రహంయొక్క సాంద్రత  $\frac{1}{P}$  అయినట్లయితే, రోష్ అవధి  $R = 2.44 \sqrt[3]{P r}$ . గ్రహం యొక్క కేంద్రానికి ఉపగ్రహంయొక్క కేంద్రానికి మధ్యగలదూరం ఇంతకు తగ్గినట్లయితే ఉపగ్రహం పగిలి ముక్కలు ముక్కలవుతుంది. ఉదాహరణకు : శనిగ్రహపదార్థసాంద్రత, దాని ఉపగ్రహసాంద్రత ఒకటే ననుకుంటే  $R: 2.44 r = 91,500$  మైళ్లు. ఈ దూరంలోకి వచ్చిన గోళం పగిలి పోతుంది. శనివలయపు వెలుపలి అంచు శనియొక్క కేంద్రానికి 86,000 మైళ్లదూరాన ఉన్నది.

ఒకటి సూర్యకాంతిని రెండవవక్రకంఠం హెచ్చుగా ప్రతిఫలిస్తుంది. దీనికి కారణం తెలియదు. శనిఘోర్క ఉపగ్రహం లన్నిటిలోకీ పెద్దదైన “ఔటన్”లో వాయువు ఉన్నట్టు 1944 లో కైపర్ అనే శాస్త్రవేత్త కనిపెట్టాడు. దాని వాతావరణంలో మిథేన్ ఉన్నట్టు స్పెక్ట్రోస్కోపులో తెలియవచ్చింది. “ఔటన్” బరువు మనచంద్రుడి బరువు కన్న 1.92 రెట్లుండడంచేతనూ, దాని ఉపరిభాగాన అమితమైన చలి ఉండడంచేతనూ దానిపై మిథేన్ వాయువు నిలిచింది. సౌరకూటంలో మరే ఉపగ్రహంపైన వాతావరణం ఉన్నట్టు తెలియడంలేదు.

## యురేనస్

యురేనస్ మనకంటికీ మంద కాంతిగల నక్షత్రంలాగా కనబడుతుంది. అందువల్లనే, ప్రాచీన శాస్త్రవేత్తలకు అది గ్రహమని తెలియదు. శని చిట్ట చివరిగ్రహమని వారనుకున్నారు. 1781 మార్చి 13 న బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త సర్ విలియమ్ హెర్షల్ తన 7 అంగుళాల టెలిస్కోపుతో మిథున రాశిలోని నక్షత్రాలను పరిశీలిస్తున్నాడు. వాటిలో ఒకటి చిన్న బిళ్ల ఆకారంలో కనిపించింది. టెలిస్కోపులో నక్షత్రాలకాంతి హెచ్చుగా కనిపిస్తుండేగాని వాటి ఆకృతి ఎన్నడూ కనిపించదు. అందుచేత అది తోకనుక్క అయిఉంటుందనుకుని హెర్షల్ దాని స్థానాన్ని ప్రతిదినం గమనించసాగాడు.

ఒక ఏడాదిపాటు నక్షత్రాలమధ్యగా అది నడిచేమార్గాన్ని బట్టి గుణించగా అది గ్రహమని తేలింది. అది సూర్యుడికి శనికన్న రెట్టింపుదూరంలో ఉండి వృత్తాకారంగల కక్ష్యలో సూర్యుణ్ణి చుట్టి వస్తున్నది. ఆయన ఆ గ్రహానికి తమ రాజైన “హర్ష సైటస్” పేరు పెట్టాడు. యూరపులోని శాస్త్రవేత్తలు దానిని “హెర్షల్” అని పిలిచారు. చిట్ట చివరకు, జర్మను శాస్త్రవేత్త బోడే సూచనను అనుసరించి దానికి “యురేనస్” అని పేరు పెట్టారు. అదే స్థిరపడి పోయింది.

యురేనస్ గ్రహమేనని రూఢి అయిన పిమ్మట, లోగడ శాస్త్రవేత్తలు, అది గ్రహమని తెలియకుండానే, దానిని గురించి పరిశీలనలు జరిపినట్టు పాతరికార్డులలో బయటపడింది. అయితే దరిమిలా యురేనస్ కక్ష్య ఆధారంతో నెప్ట్యూన్ గ్రహాన్ని కనిపెట్టడానికి ఈ పాత రికార్డులు ఎంతో ఉపకరించాయి.

యురేనస్ అతిదూరంగా ఉండడంవల్ల దానిపై భాగాన ఉండే వివరాలేవీ మనం చూడలేం. అందుచేత దాని పరిభ్రమణకాలాన్ని స్పెక్ట్రోస్కోపు సాయంతో మాత్రమే తెలుసుకోవలసివచ్చింది. అది పదిమ్ముప్పాపు గంటలు. అక్కడ అత్యంతశీతలం గనుక వాతావరణంలోని అమోనియా యావత్తూ కరుడుగట్టిపోయింది, మిథేన్ మాత్రమే వాయురూపంలో ఉన్నది.

యురేనస్కు అయిదు చందమామలున్నాయి. ఇవన్నీ కూడా, యురేనస్ సూర్యుణ్ణి చుట్టివచ్చే కక్ష్యకు లంబంలో ఉండే సమతలంలో పరిభ్రమిస్తున్నాయి! మిగిలిన గ్రహాలకు గల ఉపగ్రహాలన్నీ ఇంచుమించు గ్రహాయొక్క కక్ష్య లోనే తిరుగుతూంటాయి.

### నెప్ట్యూన్

నెప్ట్యూన్ కనుగొనబడిన పద్ధతి చాలా చిత్రమైనది. తెలిస్కోపులో దానిని చూడడానికి చాలాముందుగానే ఇద్దరు శాస్త్రజ్ఞులు అది ఉండదగిన స్థానాన్నీ, దాని పరిమాణాన్నీ కచ్చితంగా గుణించారు. లెక్కప్రకారం ఉండవలసిన చోట తెలిస్కోపుతో చూడగా నెప్ట్యూన్ అక్కడ కనబడనే కనబడింది!

యురేనస్ కక్ష్యను గమనిస్తూ ఉండిన శాస్త్రవేత్తలు దాని గమనం నిర్దిష్టంగా లేకపోవడం చూసి కలవరపడ్డారు. కొన్ని సలవత్సరాలపాటు అది ఉండవలసిన దాని కన్న ముందుకనపడింది. 1822 అనంతరం అది ఉండవలసిన దానికన్న వెనుకపడింది. దీనినిబట్టి, మరొక గ్రహమేదో యురేనస్ ను ఆకర్షిస్తున్నదని నిర్ణయించారు. ఈ కొత్త గ్రహాయొక్క స్థానాన్ని గుణించడానికి ఇద్దరు యువ శాస్త్రజ్ఞులు పూనుకున్నారు. జాన్ కోచ్ ఆడమ్స్ అనే కేంబ్రిడ్జ్ శాస్త్రవేత్త ముందుగా తన లెక్క పూర్తిచేసి,

1845 సెప్టెంబరులో దానిని బ్రిటిషు నక్షత్రవేత్త అయిన ఏర్కి పంపుతూ, కొత్తగ్రహాన్ని ఫలానిచోట వెతకవలసిందని అరిచాడు. అయితే ఏర్ పెంటనే అతని లెక్కలు ఆమోదించలేదు.

లి వెరియర్ అనే ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త 1846 వేసవిలో తన లెక్కను పూర్తిచేసి, బెర్లిన్ లో ఉండే తన మిత్రుడైన గాలే అనే శాస్త్రవేత్తకు పంపుతూ, తాను గుణించిన ప్రకారం ఫలానాచోట ఆకాశాన్ని వెతికినట్లయితే కొత్తగ్రహం కనిపించవచ్చునని ఉత్తరం రాశాడు. ఈ ఉత్తరం గాలేకు 1846 సెప్టెంబరు 23 న అందింది. ఆరాత్రే ఆయన తెలిస్తూవుతో నిర్దేశించిన ఆకాశభాగాన్ని పరిశీలించి, గుణించిన స్థానానికి ఒక్కడిగ్రి ఎడంగా కొత్తగ్రహాన్ని చూశాడు. ఇంగ్లీషు శాస్త్రవేత్త గుణించిన ప్రకారం కూడా అది ఉండవలసిన స్థానం అదే, అయితే అక్కడ దానికోసం ఎవరూ వెతికిన సాసాన పోలేదు.

నెప్ట్యూన్ ఉపరితలం గురించి వివరాలేమీ తెలియవు. దాని సరాసరి సాంద్రత చాలా తక్కువ (1.27). అందుచేత మనకు కనిపించే దాని పరిమాణంలో హెచ్చుభాగం వాయువులు కావచ్చు. సైక్లోస్టోపు సాయంతో, దాని వాతావరణంలో మిథేన్ ముఖ్యమైనదనీ, ఈ గ్రహం 16 గంటల కొకసారి తన చుట్టూ తాను తిరుగుతుందనీ కని

పెట్టారు. దీనిచుట్టూ రెండు చందమామలు తిరుగుతున్నాయి. ఇది తెలిస్తే-పునహాయంతో. మాత్రమే చూడ వీరివుతుంది.

పూటో

సారకూటంలోని కట్టకడపటి గ్రహమైన పూటోను కూడా, ఇంచుమించు నెప్ట్యూనును కనిపెట్టినట్టుగానే కనిపెట్టారనవచ్చు. యురేనస్, నెప్ట్యూన్ గమనాలలో కొన్ని అవకతవకలు కనిపించాయి. ఈ అవకతవకలు మరొక గ్రహం మూలాల కలుగుతున్నాయని ఊహించి, పెర్సివల్ లవల్, వికరింగ్ లిద్దరూ 1915 లో గణితరీత్యా ఈ గ్రహం ఉండే స్థానాన్ని నిర్ణయించారు. కాని వారు ఆశ్రాంతాన్ని ఎంత శ్రద్ధగా అన్వేషించినప్పటికీ గ్రహం కనిపించలేదు. 1916లో లవల్ మరణానంతరం పదమూడేళ్లపాటు ఈ గ్రహంకొరకు అన్వేషణ జరుగలేదు. తిరిగి 1929 లో పెర్సివల్ లబ్బర్స్వీటర్ లో ఈ గ్రహంకొరకు అన్వేషణ ఆరంభమయింది. 1930 ఫిబ్రవరి 18 న సి. డబ్ల్యు. టాంబో, మిథునరాశి నక్షత్రాలకు తాను తీసిన ఫోటోలో లవల్ సూచించిన స్థానానికి 6 డిగ్రీలు పెడగా ఈ గ్రహాన్ని గమనించాడు. ఈ ఫోటోను లోగడ తీసిన ఫోటోలతో పోల్చిచూసి, అది గ్రహమేనని నిర్ధారణచేసుకున్న తరువాత, మార్చి 13 న కొత్త గ్రహం కనిపెట్టబడినట్టు ప్రకటన జరిగింది. మార్చి 13 లవల్ జన్మ

దినం. అదేహోజన (1781 లో) హెరల్ యురేనస్ ను కనిపెట్టడన్న సంగతి గుర్తుంచుకోవాలి!

ప్లూటో అంతులేనిదూరాన ఉండడంచేత, అది చిన్నగ్రహంకావడంచేత, దానిని లెలిస్కాపుతో చూడడంకూడా కష్టమే. 1950 మార్చిలో, 200 అంగుళాల లెలిస్కాప్ సాయంతో కైపర్ (Kuiper) ప్లూటో వ్యాసం నిడివి 3,600 మైళ్లని కనిపెట్టాడు. దాని బరువు ఉజ్జాయింపున భూమిబరువులో పదోవంతు. దానికి డిప్లగ్రహ మేదైనా ఉన్నదీ లేనిదీ ఇప్పటికింకా తెలియదు. సూర్యుడి నుంచి దాని సరాసరి దూరం 367 కోట్ల మైళ్లు. అయితే దాని కక్ష్య అతి దీర్ఘవృత్తంకావడంచేత దానిదూరం 276 కోట్ల నుంచి 459 కోట్ల మైళ్లకు మారుతూ ఉంటుంది. అది సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టిరావడానికి 248½ సంవత్సరాలు పడుతుంది.

ప్లూటోకు అవతల ఇంకేమైనా గ్రహాలున్నాయేమో ఇంకా తెలియదు. అయితే తోకచుక్కలూ, డల్ఫలూ ఇంతకన్న హెచ్చుదూరాలలో సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగు తూన్నమాట ఖాయం. ఇవన్నీగాక, గురు అంగారకగ్రహ కక్ష్యల మధ్యగా గ్రహసముదాయం ఒకటి సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతున్నది. వీటినిగురించి సంగ్రహంగా తెలుసుకుందాం.

## 4. అల్పగ్రహాలూ, తోకచుక్కలూ,

ఉల్కలూ

అల్పగ్రహాలు (Asteroids)

బోడే సిద్ధాంతం ప్రకారం అంగారకుడికీ, గురుడికీ మధ్య ఒకగ్రహం ఉండి ఉండాలి. ఈ విషయం తెలుసు కునేటందుకు యూరపులోని నక్షత్రవేత్తలు తెలిస్కోపులతో ఆకాశంలో కొన్నిప్రాంతాలను ఒక నిర్దిష్టమైన దూరంలో గాలించారు. పందొమ్మిదవశతాబ్ది తొలిరోజున, అంటే 1801 జనవరి 1 న, సిసిలిలోని పాలెర్మో నగరవాసి అయిన పియాజీ అనే నక్షత్రవేత్త, అనుకున్నదూరంలో ఒక నక్షత్రంలాటి దాన్ని కనిపెట్టాడు. అయితే అది ఇతరనక్షత్రాలలాగాకాక ఫోటోలో కొంచెంగా కదిలింది. ఆయన దానిని ఆరువారాలపాటు గమనించి, తరువాత బబ్బు చేయడంవల్ల గమనించలేక పోయాడు. బబ్బు నయమైనాక



అది ఆయనకు తిరిగి కనిపించలేదు. అయితే ఆయన దాని స్థానాలను గురించి వ్రాసుకున్న వివరాలనుబట్టి ప్రఖ్యాత గణితవేత్త గాస్ అనే ఆయన దానికక్ష్యను గురించి, అది ఒక గ్రహమనీ, అంగారక గురుల మధ్యగా అది సూర్యుణ్ణి చుట్టి వస్తున్నదనీ కనిపెట్టాడు. మరొకసంవత్సరం గడిచాక ఆయన చెప్పినకక్ష్యలోనే అదేగ్రహం తిరిగి కనబడింది. దానికి “సెరేస్” అని పేరుపెట్టారు, దానివ్యాసం 480 మైళ్ళని తేల్చారు.

అంత చిన్నగ్రహం సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతున్నట్లు తెలియగానే ఆప్రాంతాలను అనేకమంది తెలివోపులతో వెతికారు. మరొకసంవత్సరంలోపుగా మరొక అల్పగ్రహం “పల్లాస్” (304 మైళ్లు) కనుగొనబడింది. 1804 లో “జూనో” (120 మైళ్లు), 1807 లో “వెస్టా” (240 మైళ్లు) కనిపెట్టబడ్డాయి. తరువాత 38 ఏళ్ల పాటు ఏమీ కనిపెట్టబడలేదు. తిరిగి 1845 లో హెన్రీ అయిదవ అల్పగ్రహాన్ని కనిపెట్టాడు. అది మొదలు ఏటా కొత్త అల్పగ్రహాలు బయటపడుతూనే ఉన్నాయి.

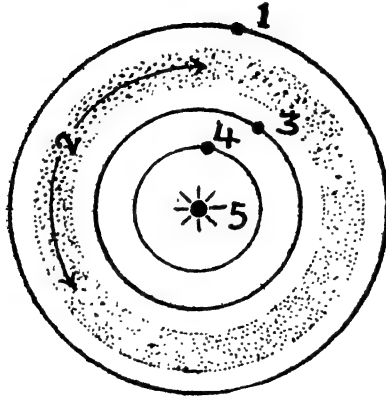
ఇప్పటికీ 2,000 కు పైగా అల్పగ్రహాలు కనిపెట్టబడ్డాయి. ఆకాశంలో లక్షకుమించిన అల్పగ్రహాలుండవచ్చుననీ, వాటిలో సుమారు 500 అల్పగ్రహాలు మాత్రమే 30 మైళ్లకు మించినవ్యాసం కలిగి ఉంటాయనీ అంచనావేస్తు

న్నారు. కనుక వాటన్నిటి మొత్తంబరువు భూమియొక్క బరువులో 640 వ వంతుకన్న తక్కువ ఉంటుంది.\*

ఈ అల్పగ్రహాలన్నిటి కక్ష్యలూ వర్తులాకారంగావి కావు. “ఇరోస్” అనే అల్పగ్రహంయొక్క కక్ష్య అంగార కుడి కక్ష్యలోపలికి ప్రవేశిస్తున్నట్లు మొట్టమొదట కనుగొన బడింది. అటుతరువాత “అపొలో”, “అడ్వోనిస్”, “హెర్మిస్” అనేవి భూమియొక్క కక్ష్యనూ, శుక్రుడి కక్ష్యనూ అధిగమించి సూర్యుని సమీపిస్తూ తిరుగుతున్నట్లు స్పష్టమయింది. 1949 లో వ్యాట్స్ బాడే అనే నక్షత్రవేత్త, “ఇక్కారస్” అనే అల్పగ్రహం బుధుడికక్ష్యనుకూడా అధిగమించి సూర్యుడికి 210 లక్షల మైళ్ల దూరంలోకి వెళు తున్నట్లు కనిపెట్టాడు. అయితే భూమి కక్ష్య, ఇక్కారస్ కక్ష్య ఒకదానికొకటి ఏటవాలుగా ఉండడంచేత ఆ అల్ప గ్రహం భూమికి 46 లక్షలమైళ్లకంటే తక్కువదూరంలోకి రాలేదు. ఈరెండు కక్ష్యలూ ఒకదాన్నొకటి స్పృశించ డమే జరిగితే, ఎప్పడో ఆకస్మికంగా ఒక మహాపర్యతం లాటిది ఆకాశంలోనుంచి వచ్చి భూమిని డిగొని, అపార మైన సప్తాన్ని కలగజేస్తుంది. ఆతాకిడికి భూమి రెండు,

\* సగటు వ్యాసం 20 మైళ్లు అనుకుంటే;—భూమి వ్యాసంలో 400 వ వంతు - ఈ అల్పగ్రహాల సాంద్రతకూడా ఇంచుమించు భూమి సాంద్రతతో సమానంగానే ఉన్నదనుకుంటే,

$$\text{వాటి బరువు, } 1,00,000 \times \left(\frac{1}{400}\right)^3 = \left(\frac{1}{640}\right).$$



పటము 14

1. గురుడు, 2. అల్పగ్రహకక్ష్య;  
3. అంగారకుడు; 4. భూమి; 5. సూర్యుడు.

“అల్పగ్రహాల కక్ష్యలు” : అనేక అల్పగ్రహాలు దీర్ఘవృత్త కారంగాల కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నాయి. వాటి కక్ష్యలు అంగారకు, భూమి, శుక్ర కక్ష్యలను అధిగమించి సూర్యుడికి దగ్గరగా పోతాయి.

మూడు ముక్కలుగా బద్దలైనా కావచ్చు. అయితే ఏ అల్పగ్రహంయొక్క కక్ష్య భూమియొక్క కక్ష్యను ఎన్నడూ స్పృశించి ఉండలేదు. మనకు తెలిసినంతవరకు భూమికి చాలా సన్నిహితంగా రాగలిగిన అల్పగ్రహం హెర్మిస్ ఒక్కటే. 1937 లో అది భూమికి 4,85,000 మైళ్ళ ఎడంలో మాత్రమే దాటి వెళ్ళింది. అది అంతకంటే

దగ్గరిగా రాదని ఆశించుదాం, నిజంగా రాగలిగిందో, ప్రమాదమే!

మనకు ఇరోస్ కత్యు కచ్చితంగా తెలుసును. ఇది భూమికి చాలా సమీపంలోకి (140 లక్షల మైళ్ల దూరానికి) వస్తుంది గనుక, ఈ అల్పగ్రహం సాయంతో భూమికి, సూర్యుడికి మధ్య ఉండే దూరాన్ని గుణించడం సాధ్యం. 1931 లో ఇది భూమికి అతिसమీపంగా వచ్చినప్పుడు, హెరాల్డ్ స్పెన్సర్ జోన్స్, 14 దేశాలలోగల 20 అబ్జర్వేటరీలూ చేరి దానిసానాలకు 2,847 ఫోటోలు తీయడం జరిగింది. రాత్రిపొడుగునా భూమి తిరుగుతుంది (కామెరా కూడా తిరుగుతుంది) కనుక, అందువల్ల కలిగే ఇరోస్ యొక్క స్థానచలనాన్ని పురస్కరించుకుని ఇరోస్ ఉండే దూరమూ, సూర్యుడుండే దూరమూకూడా గుణించబడ్డాయి. 1896 నాటి పారిస్ సమావేశంలో ఆమోదించబడిన సూర్యుడిదూరం 928.27 లక్షలమైళ్లు, ఈ లెక్కలను బట్టి 930,031 లక్షలమైళ్లుగా సవరణచేయబడింది.

ఈ అల్పగ్రహం తెలా సంభవించాయి ?

ఈ ప్రశ్నకు నిష్కర్ష అయిన సమాధానం లభించలేదు. అనేకసమాధానా లివ్వబడినప్పటికీ ప్రతి సమాధానం లోనూ ఏదో ఒకలోపం ఉన్నది. అంగారక గురు గ్రహాల మధ్య ఉండిన ఒకగ్రహం పగిలిపోయి ఉండవచ్చుననీ, అల్పగ్రహాలు దాని తాలూకు శకలాలు కావచ్చుననీ హెనిక్

ఓల్ఫర్స్ (Henric Olfers) భావించాడు. ఈ అల్పగ్రహాలు ఒకప్పుడు సూర్యకాంతిని హెచ్చుగానూ, ఒకప్పుడు తక్కువగానూ ప్రతిఫలించడంచేత ఇవి పగిలిన ముక్కలుగా పరిగణించబడుతున్నాయి. కాని అల్పగ్రహాల కక్ష్యలను బట్టి చూసినట్లయితే అవి ఒకేవోట, ఒకేసమయంలో ఉద్భవించి ఉండడం సాధ్యంకాదని నికాల్సన్ అభిప్రాయం. సౌరకూటానికి చెందిన గ్రహాల పుట్టుక ఈనాటికికూడా తీరని సమస్యగానే ఉన్నది. ఒకవేళ ఈ రెండుసమస్యలకూ సంబంధం ఉన్నదేమో!

## తోకచుక్కలు

ప్రాచీనకాలంలోకూడా తోకచుక్కలు కనిపించడం భూమండోళనలు కలిగించేది. కొన్ని తోకచుక్కలు కనిపించినప్పుడు ప్రపంచంలో కొన్ని ప్రముఖసంఘటనలు జరిగాయి. ఉదాహరణకు, క్రీ. శ. 66 లో, కాంతిమంతమైన “హలీ” తోకచుక్క కనిపించినప్పుడు రోమనులు జరుసలేమునగరాన్ని విధ్వంసంచేశారు. మరొకసారి అది 1066 లో కనిపించినప్పుడు నార్మండ్ ప్రభువు ఇంగ్లండును జయించడానికి అది సూచనగా భావించబడింది. 1666 లో లండనునగరంలో ప్లేగు వ్యాపించి, అనేకమంది మరణించినప్పుడు కాంతిమంతమైన తోకచుక్కకనిపించిందని డేనియల్ డిఫో అన్నాడు. లండనులో గొప్ప అగ్నిప్రమాదం

కలిగేముందుకూడా తోకచుక్క కనిపించింది. 1811 లో (ఇంకొక ఏడాదికి నెపోలియన్ రష్యాపై దాడి వెళతాడనగా) ఆకాశంలో అతి దీర్ఘమైన తోకగల తోకచుక్క కనిపించి, ప్రపంచాన్నంతనూ అలబడి పెట్టింది. రష్యాపై నెపోలియన్ దాడి సర్వనాశనమైనమాట వాస్తవమే. 1910 లో “హులీ” తోకచుక్క మళ్లీ కనిపించినప్పుడు, ఇంగ్లండు రాజైన ఏడవ ఎడ్వర్డు చనిపోయాడు. అయితే ఈమాటకూడా చెప్పుకోవాలి— రెండు ప్రపంచయుద్ధాలు జరిగినప్పుడూ, భయంకరమైన భూకంపాలవల్ల విధ్వంసం జరిగినప్పుడూ, వరదలువచ్చి వినాశనం కలిగించినప్పుడూ తోకచుక్కలు కనిపించలేదు.

గ్రహాలలాగే తోకచుక్కలుకూడా సౌరకూటానికి చెందినవి. అయితే వాటికక్ష్యలువేరు. గ్రహాలకక్ష్యలువేరు. సామాన్యంగా తోకచుక్కలు సూర్యుణ్ణి చాలా దగ్గరగా సమీపించి తిరిగి ఎంతోదూరానికి వెళ్లిపోతాయి. కొన్ని తోకచుక్కలు సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టేరావడానికి ఎన్నో శతాబ్దాలు పడుతుంది. అది అలా ఉంచి, తోకచుక్కలలో దాదాపు సగం సూర్యుణ్ణి చుట్టేటప్పుడు పడమరనుంచి తూర్పుకు పోతాయి, మిగిలినవి తూర్పునుంచి పడమరకు పోతాయి.

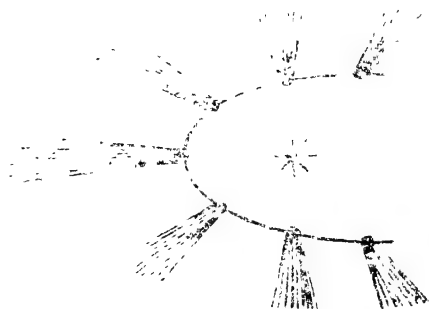
తోకచుక్క వెంట ఉండే తోక చూడడానికి భీకరంగా ఉంటుంది, కాని వాస్తవంగా నిరసాయమైనది. తోక

చుక్కలో మూడుభాగాలున్నాయి. దానితల, లేక కేంద్రకం అసంఖ్యాకమైన చిన్న నలుసులతో కూడినది. ఈతల చుట్టూ పొగలాటి పదార్థం ఉంటుంది. తెలిస్తోపులో తోకచుక్క కనిపించడానికి తోడ్పడేది ఈ పొగలాటి పదార్థమే. సూర్యుడి వేడివల్ల తోకచుక్కతలలో ఉండే వాయువులు వెలువరించబడతాయి. తోకచుక్క తలచుట్టూఉండే ద్రవ్యంలో కార్బన్ డైఆక్సైడ్, సయనజన్ వగైరా వాయువులున్నట్టు స్పెక్ట్రోస్కోపుల సహాయంతో కనిపెట్టారు. తోకచుక్క సూర్యుణ్ణి సమీపించినప్పుడు సోడియం, ఇనుము, సికెల్ లోహవాయువులుకూడా అందులో కనిపిస్తాయి.

సూర్యకిరణాల పీడనంవల్ల ఈ వాయువులూ, నలుసులూ, ఘాతీ తోకచుక్కనుంచి సూర్యుడికి ఎదురుదిక్కుగా నెట్టివేయబడతాయి. ఇవే తోకలాగా కనిపిస్తాయి. తోకచుక్క సూర్యుడికి దగ్గర అప్పుడున్న కొద్దీ పీడనంహెచ్చి తోకనిడివి పెరుగుతుంది. తోక ఎప్పుడూ సూర్యుడికి ఎదురుదిక్కుగానే ఉంటుంది. ఒక్కొక్కప్పుడీ తోకనిడివి కొన్ని కోట్ల మైళ్లుంటుంది. అయితే తోకలోని నలుసుల సాంద్రత చాలాతక్కువ గనుక అవి సక్షత్రాలనుకూడా కనపడకుండా చెయ్యలేవు. 1910 లో “హులీ” తోకచుక్కయొక్క తోకలోంచి భూమి వెళ్లి సప్తడు, భూమి కేదో ప్రమాదం కలుగుతుందని కొంద

రనుకున్నారు. కాని ఏమీ జరగలేదు; జరగదుకూడానూ. తోకచుక్క గ్రహానికి సమీపంగా వచ్చినందువల్ల గ్రహం యొక్క గమనంలో ఎలాకిదూర్పు రాదు, కూరిపో తోక చుక్కగ్రహం కూరివచ్చు. తోకచుక్క భారీగ్రహానికి సమీపంగా వెళ్ళినప్పుడు దానిగమనం ఎలాగా మారుతుంది. గురుడి చంద్రమామూ మొదట తోకచుక్కలనీ, ఆ గ్రహం వాటిని ఆకట్టుకున్నదనీ చూడరి విశ్వాసం.

తోకచుక్క బరువంతా దానితలలోనే కేంద్రీకృతమై ఉంటుంది. అది ఒక అల్పగ్రహం బరువు సమం కావచ్చు. అయితే దాని పరిమాణం ఎప్పుడూ ఒకటిగా ఉండదు. అది సూర్యుడి సమీపించినప్పుడు దాని వ్యాసం నిశ్చయితగ్గుతుంది. కిందచూడారు 1909 ఫిబ్రవరి 12 న



పటము 15

“తోకచుక్క తోడు” : సూర్యుడికి దగ్గర అయినకొద్దీ తోక దీర్ఘమవుతుంది.



“హరీ” తోకచుక్క కనిపించినప్పుడు దానితల వ్యాసం 6,000 మైళ్లున్నట్టులెక్క చేల్చారు; డిసెంబరు 13 న 5,600 మైళ్లుమాత్రమే ఉన్నది; 1910 ఫిబ్రవరి 4 న 5,500 మైళ్లు; మే 9 న 1,000 మైళ్లు; మే 22 న 300 మైళ్లు మాత్రమే ఉంది. సూర్యుడి వేడికి దాని తల వేడెక్కి, దానినుంచి వాయువులు వెలువడుతాయి, అందుచేత దానిపరిమాణం తగ్గిపోతుంది. అందుచేతనే దానిచుట్టూ ఉండే పొగ విభాగం వ్యాకోచంపొందుతుంది. సెప్టెంబరు 13 న 13,000 మైళ్లుండిన ఈ విభాగంయొక్క వ్యాసం డిసెంబరు 14 నాటికి 2,20,000 మైళ్లకు పెరిగింది. తలయొక్క ప్రమాణం 300 మైళ్లుమాత్రమే ఉండినప్పుడు దాని సాంద్రత అత్యధికంగా ఉంది, కాని అప్పుడుకూడా అది 0.2 కంటే తక్కువే.

తోకచుక్క కక్ష్యను గుణించాలంటే రెండు, మూడు రోజులపాటు దాని గమనాన్ని గమనించాలి. ఇలా చేసినట్లయితే, గాస్ వివరించిన పద్ధతిలో దాని పూర్తికక్ష్యను గుణించవచ్చు. కొన్ని రోజులుపట్టే ఈ గణనం అధునికగణకయంత్రాల సాయంతో కొద్దిగంటలలో పూర్తి అవుతుంది. గుణించి తెలుసుకున్న కక్ష్య సరిగా ఉన్నదీ లేనిదీ తోకచుక్కను ప్రత్యక్షంగా పరిశీలించి తెలుసుకోవచ్చు. తోకచుక్కల ప్రదక్షిణకాలం (తమకక్ష్యలో ఒకచుట్టు తిరిగి వచ్చేకాలం) కొద్దిసంవత్సరాలు లగాయతు అనేకవందల

వల్లదాకా ఉంటుంది. “హావీ” తోకచుక్క క్రీ. పూ. 240 నుంచి 76 వల్ల కొకసారి సక్రమంగా కనిపిస్తూవస్తున్నది.

తోకచుక్క లెలా పుట్టేదీ ఇప్పటికీ తెలియదు. అవి గురుడు, శని లాటి భారీగ్రహాలనుంచిగాని, సూర్యుడినుంచే గాని వెలువడి ఉండవచ్చునని ఒక సూచన చేయబడింది. వాటి కక్ష్యలు అంత దీర్ఘంగా ఎందుకున్నాయో, అవి ఏట వాలుగా ఎందుకున్నాయో వివరిస్తేతప్ప ఈ సూచనలు ఆమోదకరం కావు.

## ఉల్కలు

ఆకాశంనుంచి సక్షత్రాలు రాలుతున్నట్లు కనిపించే దృశ్యాలు మనమందరమూ చూసి ఉన్నాం. కాని అవి సక్షత్రాలుకావు. అవి ఇసుకనుపోలిన నలుపులు. అవి అతి వేగంగా గాలిపొరలో ప్రవేశించి, గాలిరాపిడికి అమితంగా వేడెక్కి ద్రవించడంచేత ఉల్కలుగా మనకు కనిపిస్తాయి. అవి అంతరిక్షంనుంచి వచ్చే పదార్థాలని 1833 లోనే తెలియవచ్చింది. ఆ యేడు నవంబరు 12 న అమెరికాలో ఉల్కలు పెద్దజల్లుగా కనిపించాయి. వివిధప్రాంతాలనుంచి వాటిని గమనించినవారందరికీ కూడా అవి సింహరాశి నుంచి వచ్చినట్టే కనిపించాయి. అవి మనవాతావరణంనుంచే వచ్చినట్లయితే వేరువేరు ప్రాంతాలనుంచి చూసేవారికి వేరువేరు

ప్రాంతాలనుంచి వచ్చినట్టు కనబడిఉండాలి. ప్రతినవత్సరం నవంబరులో ఉల్కలు జల్లుగా పడతాయి. ఆ జల్లు ఒకప్పుడు పెద్దదిగానూ, ఒకప్పుడు చిన్నదిగానూ ఉంటుంది. అదే ఆగస్టు నెలలో ఈ జల్లు “పెర్సియన్” రాశినుంచి వస్తుంది. ఈ ఉల్కలకూ, తోకచుక్కల కత్తిలకూ సంబంధం ఉన్నట్లు ఇప్పుడు మనకు తెలుసు. తోకచుక్కలు ప్రయాణించే దారిపొడుగునా అసంఖ్యాకమైన నలుసులూ, భూశీ దిగబడిపోతాయి. తనకప్పులో తగుగుతూ భూమి ఈ నలు సులమధ్యకూ, భూశీమధ్యకూ ప్రవేశించినప్పుడు అపే గాలితో ఘర్షణంపొంది ముడుతాయి. అదే మనకు ఉల్కా వర్షంలాగా కనపడుతుంది.

ఉల్కలు సాధారణంగా గాలిలో 60 తేక 70 మైళ్ళ ఎత్తున మండిపోతాయి. ఒక్కొక్కప్పుడు పెద్ద ఉల్క గాలిలో పూర్తిగా మండిపోక, భూమిపై న పడిడం కూడా తటస్థించవచ్చు. ఇలాపడేటప్పుడనే పేలి చిన్నచిన్నగుంపు లైపోతాయి. వాటిని ఉల్కాశిలలు (meteorites) అంటారు. మనకు నేలపై చిన్నవో, పెద్దవో ఉల్కాశిలలు కనిపించి ఉండవచ్చు. ఇవి “దివి నుండి భువికి” వచ్చినవని. వాటిని విశ్లేషించి చూడగా వాటిలో భూమిమీద ఉండే ఇనుమూ, నికెల్, కాల్షియం, మగ్నీషియంలాటి లోహాలే కనిపి చాయి. ఉత్తరధ్రువాన్ని కనిపెట్టిన రాబర్ట్ పియరీ 1897 లో గ్రీన్లాండు నుంచి మూడు పెద్ద ఉల్కా శిలలు

తెచ్చాడు. ఈ మూడింటిలోకీ బాగా పెద్దది 36.5 టన్నుల బరువున్నది. వీటిని న్యూయార్కు మ్యూజియంలో ఉంచారు.

అమెరికాలోని అరిజోనా ప్రాంతంలో కొన్ని వేల ఏళ్లక్రితం ఒక గొప్ప ఉల్కాశిల పతనమై, 4,200 అడుగుల వ్యాసమా, 570 అడుగులలోతూ గల ఒక బ్రహ్మాండమైన గుంట ఏర్పడింది. ఉల్క భూమిలోపలికి చాలా లోతుకు చొచ్చుకునిపోయి వుండాలి.

ఇంతకంటే కూడా పెద్దఉల్క 1908 జూన్ 30 న సీబీరియాలో పడి 4 వేల చదరపుమైళ్ల మేర అపారమైన నష్టం కలిగించింది. మొదటి ప్రపంచయుద్ధం మూలంగా 14 ఏళ్లపాటు ఈ వార్త పొక్కలేదు. 1927 లో కులీక్ అనే రష్యను శాస్త్రవేత్త మరికొందరు శాస్త్రవేత్తలను వెంటబెట్టుకుని ఆచోటికి వెళ్లి వివరాలు చూశాడు. ఉల్కా పాలం జరిగినచోటికి చుట్టూ 30 మైళ్ల మేరదాకా ఉండిన చెట్లన్నీ సమూలంగా పడిపోయాయి. అవన్నీ ఉల్క పడిన చోటికి ఎదురుపక్కగా పడిపోయాయి. పతనస్థానానికి చుట్టూ పదిమైళ్ల మేరలోగల చెట్లూ చేమలూ పూర్తిగా కాలిపోయాయి. ఉల్కాశిల పతనమైనప్పుడు ఉరుము కన్న పెద్ద చప్పుడుతో పేలుడు వినిపించిందని, వెంటనే ఆ ప్రాంత మంతటా మంటలూ, పొగా వ్యాపించాయనీ ఆ ప్రాంతంలో నివసించేవారు చెప్పారు. అక్కడికి 50 మైళ్ల దూరాన

వుండే ఇళ్ల కిటికీల అద్దాలుకూడా బద్దలయ్యాయని వారు చెప్పారు.

అదృష్టవశాత్తూ అలాటి సంఘటనలు చాలా అరుదు. అలాటి ఉల్లాసాలే ఏ మహానగరంమీదనో జరిగితే, హైడ్రోజనుబాంబు పడినదానికన్న హెచ్చు విధ్వంసం జరుగుతుందనడాని కేమీ సందేహంలేదు.

## 5. సూర్యుడూ, నక్షత్రాలూ

చీకటి రాత్రి నిర్మలంగావున్న ఆకాశంకేసి చూసి నట్టయితే మనకు చిన్న, పెద్ద నక్షత్రాలు మిణుకు మిణుకు మంటూ కొన్ని వేల సంఖ్యలో కనిపిస్తాయి. చిన్న తెలిస్తూ పుతో చూసినట్టయితే, ఉత్తకళ్లకు కనిపించని నక్షత్రాలు ఇంకెన్నోవేలు కనిపిస్తాయి. ప్రపంచంలోకెల్లా పెద్దదైన 200 అంగుళాల తెలిస్తూపు అమెరికాలో ఉన్నది; దానిలో నుంచి చూసినట్టయితే ఇంచుమించు వెయ్యికొట్ల నక్షత్రాలు కనబడతాయని అంచనావేశారు. ఈ నక్షత్రాలనేవి ఏమిటి? కేవలమూ అలంకారార్థం ఆకాశాన పొదిగిన మాణిక్యాలా!

ఈ కొట్లాది నక్షత్రాలలో ప్రతి నక్షత్రం ఒక సూర్యుడు! వాటిలో కొన్ని మనసూర్యుడికన్న ఎంతో పెద్దవి. అవి అంచులేనిదూరాన ఉండడంచేత కొద్దికాంతితో చిన్నవిగా కనిపిస్తాయి.

క్రీ. శ. 150 లో ఈజిప్టుకు చెందిన శాస్త్రజ్ఞుడు టోలమీ ఒక సూత్రం ప్రతిపాదించాడు, దాని సనుసరించి సక్షత్రాలను వాటి కాంతికి అనుగుణంగా పేరువేరు తరగతులుగా విభజించారు. సక్షత్రాలలో కెల్లా హెచ్చుకాంతిగలవి ఒకటవ తరగతి సక్షత్రాలు. అంతకంటే కొంచెం తక్కువ కాంతిగలవి రెండవతరగతిని, మూడవతరగతిని — అలా తరగతి విభజనసాగింది. ఉత్తరగంటితో చూడగల సక్షత్రాలలో అత్యంత కాంతిహీనమైనవి 6 వ తరగతి సక్షత్రాలు. ఒకటవ తరగతి సక్షత్రాలు ఆరవతరగతి సక్షత్రాలకన్న వందరెట్లు కాంతిమంతంగా ఉంటాయి,\* చిన్న తెలిస్తో సాయంతో 12 వ తరగతికి చెందిన సక్షత్రాలనుకూడా చూడవచ్చు. ఇవి ఒకటవతరగతి సక్షత్రాలలో 2,500 వ వంతు కాంతి కలిగి ఉంటాయి. 200 అంగుళాల తెలిస్తోపు

\* ఒకటవ తరగతి సక్షత్రాలు 6 వ తరగతి సక్షత్రాలకన్న వందరెట్లు ఎక్కువ కాంతిమంతంగా ఉంటాయనే ఉహతోనే, ఈ అంచనాలు తయారుచేశారు. ఆరో తరగతికి, ఒకటవ తరగతికి మధ్య ఐదు తరగతులు ఉన్నాయి. నూటిలో 5 వ వర్గమూలం  $2.512$  ( $2.512^5 = 100$ ) ఆ విధంగా ఒకటవ తరగతి సక్షత్రాలు రెండవ తరగతి సక్షత్రాలకన్న  $2.512$  రెట్లెక్కువ కాంతిమంతంగా ఉంటాయన్నమాట. అలాగే మూడోతరగతి సక్షత్రంకంటే మొదటితరగతి సక్షత్రం  $2.512 \times 2.512 = 6.3$  రెట్లు ఎక్కువ కాంతిమంతంగా ఉంటుంది. అదేవిధంగా, ఇతర తరగతుల సక్షత్రాల కాంతినికూడా లెక్కగట్టవచ్చు.

సాయంత్రో 22.5 వ తరగతికి చెందిన సక్షత్రాలను సైతం ఫోటోగ్రాఫు చేయవచ్చు. ఈ సక్షత్రాలతో పోల్చితే ఒకటవ తరగతి సక్షత్రాలు 40 కోట్ల రెల్లు కాంతిమంతమైనవి.

ఒకటవ తరగతి సక్షత్రాలకంటె కూడా కాంతిమంతమైనవికూడా అకాశంలో మనకు కనిపిస్తాయి. వాటి తరగతులు నిర్దేశించడానికి భిన్న సంఖ్యలూ (fractions), మైనస్ (minus) సంఖ్యలూ కూడా ఉపయోగిస్తున్నారు. సక్షత్రాలన్నిటిలోకీ కాంతిమంతమైన “సిరియస్”కు - 1.58 తరగతి ఇచ్చారు. అద్భుత కాంతిమంతంగా ఉన్న స్వయం గురుగ్రహం - 4.3 తరగతిలో ఉంటుంది. పూర్ణ చంద్రానికి - 12.5 తరగతి. సూర్యగోళం - 26.72 తరగతికి చెందిన సక్షత్రం.

ఈ తరగతులన్నీ మనకంటే దృష్టివిబట్టి ఏర్పాటు చేసినవి. సక్షత్రాలు వేరువేరు దూరాలలో ఉండడంవల్ల వాటికాంతి ప్రమాణంకూడా వేరువేరుగా కనబడుతుంది. ఉదాహరణకు “సిరియస్” సక్షత్రం సూర్యుడికంటె 5,00,000 రెల్లు హెచ్చుదూరాన, అనగా భూమికి 52000.00,00,00,000 మైళ్లదూరాన ఉన్నది. అది సూర్యుడుండేటంత దూరాన ఉన్న పక్షంలో సూర్యుడికంటె 40 రెల్లు హెచ్చువేడి. కాంతి ఇవ్వగలదు. మనకు అత్యంత సన్నిహితంగా ఉండే “ప్రాక్సిమా సెంటార్” సక్షత్రంవద్దకు



వెళ్లి, అక్కడినుంచి సూర్యుణ్ణి చూచినట్లయితే సూర్యగోళం రెండవతరగతి నక్షత్రంలాగా కనబడుతుంది.

నక్షత్రాలు ఎంతోదూరాన ఉండడంచేత వాటి దూరాలను మైళ్లలో చెప్పడం సాధ్యంకాదు. అందుచేత “కాంతి సంవత్సరం” అనే కొలమానాన్ని ఉపయోగిస్తాం. ఒక సెకండుకు 1,86,000 మైళ్లచొప్పున ప్రయాణిస్తూ కాంతి ఒక సంవత్సరకాలంలో వెళ్లేదూరాన్ని “కాంతిసంవత్సరం” అంటారు. దాని ప్రమాణం 587000,00,00,000 మైళ్లు. మనకు అత్యంతసన్నిహితమైన “ప్రాక్సిమా సెంటార్” వుండేదూరం 4.2 కాంతి సంవత్సరాలు. అంటే, దానికాంతి మనకు వచ్చిచేరడానికి 4.2 సంవత్సరాలు పడుతుందన్నమాట. ఇవాళ అది పేలిపోవడంజరిగితే మరి నాలుగేళ్లదాకా అది మనకు కనిపిస్తూనేవుండి, ఆతరువాత ఎప్పుడో పేలుడు వినబడుతుంది. ఇదే కొలమానం ప్రకారం “సిరియస్” వుండే దూరం 9 కాంతి సంవత్సరాలు.

నక్షత్రాల వాస్తవకాంతిని పోల్చిచూడాలంటే అన్నిటిని ఒకేదూరంలోకి తీసుకురావాలి. 32.6 కాంతి సంవత్సరాలదూరంనుంచి కనిపించే నక్షత్రకాంతిని పరమ (absolute) ప్రమాణంగా పెట్టుకున్నాడు. ఈ ప్రమాణాన్ని బట్టి నక్షత్రాలకాంతిని పోల్చిచూస్తే అనేకనక్షత్రాలు సూర్యుడికన్న కాంతిమంతమైనవి; అనేకనక్షత్రాలు

సూర్యుడికంటే తక్కువకాంతిగలవి. సూర్యుడు మధ్యమ తరగతి నక్షత్రం.

నక్షత్రాలను గురించిన వివరాలు తెలుసుకోవడానికి వాటి పరమ ప్రమాణం తెలిస్తే చాలదు. వాటి వర్ణమాలల (spectra) ఫోటోలనుబట్టి వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత గుణించవచ్చు. దీనినుంచి అనేక వివరాలు తెలుస్తాయి. సూర్యుడి ఉపరితలంలో ఎంతమేరనుంచి ఎంతవేడి వెలువడుతున్నదీ తెలుసుకోవడంచేత దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 6,000 సెం. డిగ్రీలని అంచనాకట్టడం సాధ్యమయింది. కాని ఇతరనక్షత్రాలు అమితమారాన వుండడంచేత, వాటిని ఎంత పెద్ద టెలిస్కోపులతో చూచినా చుక్కల్లాగే వుంటాయి గాని, వాటివ్యాసం నిడివి తెలియరాదు. అందుచేత వాటి ఉపరితల విస్తీర్ణం గుణించలేం. అయినప్పటికీ వాటి ఉష్ణోగ్రతని గుణించడానికి మరొకమార్గం వున్నది.

మనం ఏదైనా లోహాన్ని వేడెక్కిస్తూపోతే అది మొట్టమొదట కొంచెం ఎర్రగా కాలుతుంది, తరువాత కాంతిమంతమైన ఎరుపురంగు వస్తుంది. ఇంకా వేడెక్కించి నట్టయితే అది తెల్లనికాంతిని వెదజల్లుతుంది. (2,000 సెం. డిగ్రీల వేడికి ఎలెక్ట్రిక్ దీపంలోని “ఫిలమెంటు” తెల్లని కాంతి నిస్తుంది). ఇంకా వేడెక్కించినట్టయితే నీలపుకాంతి వెలువడుతుంది. కనుక నక్షత్రాలనుంచి వెలువడే కాంతిని బట్టి ఎర్రని కాంతినిచ్చే నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత తక్కువనీ,

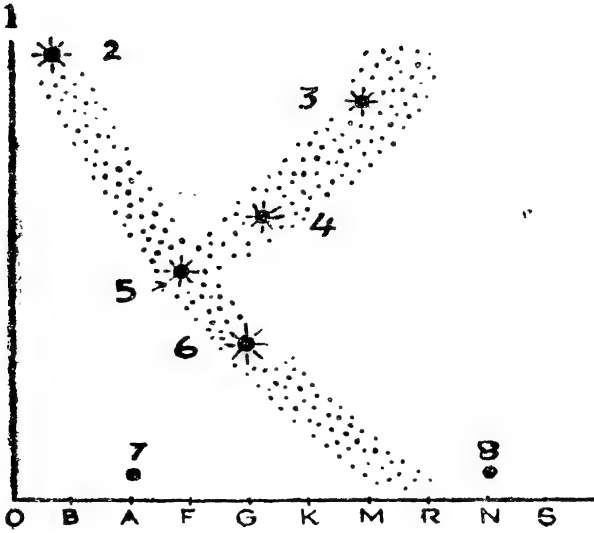
నీలంకాంతినిచ్చే నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత చాల ఎక్కువనీ మనం తెలుసుకుంటాం.

ఇంతకన్నకూడా ఉపయుక్తమైన వద్దతి మరొక టున్నది. నునం నక్షత్రాల వర్ణమాలలను ఫోటోగ్రాఫు చేసినట్లయితే వాటిలో నల్లని గీతలు లభిస్తాయి. ఇవి పిస్తాయి. వీటిని “ప్రాన్ హోఫర్ లైన్” అంటారు. సూర్యగోళంమీది వాతావరణంలోనూ, నక్షత్రాల వాతావరణంలోనూ ఉండే పరమాణువులమూలాన ఈ గీతలు కలుగుతాయి. ఆ పరమాణువుల ఉష్ణోగ్రతకు అనుగుణంగా ఈ గీతల స్వరూపం మారుతుంది. ఈ గీతలస్వరూపానికీ, పరమాణువుల ఉష్ణోగ్రతకూ గల సంబంధాన్ని భారతీయ శాస్త్రవేత్త మేఘనాథ్ సాహా వినవించారు. ఈ సంబంధాన్ని బట్టి, ఒక నక్షత్రం యొక్క వర్ణమాల ఆధారంతో దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత నిర్ణయించబడుతుంది.

ఇలా గుర్తించిన ఉష్ణోగ్రతలను పునస్కరించుకుని నక్షత్రాలను, O, B, A, F, G, K, M, అనే సంకేతాక్షరాలుగల ఏడు తరగతులకింద విభజించారు. పెద్దవీ, వేడి అయినవీ, నీలరంగుగలవీ అయిన నక్షత్రాలకు O అన్నది సంకేతం. ఈ తరగతికి చెందిన నక్షత్రాలలో కొన్నిటి పెద్ద భాగాల ఉష్ణోగ్రత దాదాపు 50,000 సెం. డిగ్రీలదాకా ఉంటుంది. M తరగతికి చెందిన నక్షత్రాల ఉపరితల ఉష్ణో

గ్రహ సూర్యుడు 2,000 డిగ్రీలు మాత్రమే. “ఏగా” (బ్రహ్మ నక్షత్రం), “సిరియస్” (మృగశ్శాఖ) అనే నక్షత్రాలు A తరగతివి. వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత సూర్యుడు 10,000 డిగ్రీలు. F తరగతి నక్షత్రాలు వసువునప్పువాగుగల తెలుపురంగులో ఉంటాయి, వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 7,000 సెం. డిగ్రీలుంటుంది. మన సూర్యుడూ, “కపెల్లా” లాటి నక్షత్రాలూ G తరగతికి చెందినవి. వాటి ఉపరిభాగాల పైన 6,000 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత ఉంది. స్వర్గ (Arcturus), రోహిణి (Aldebaran) ల వంటి వారింపపండు రంగుగల నక్షత్రాలు K తరగతివి. వాటి ఉపరితలాల ఉష్ణోగ్రత 4,000 డిగ్రీలు. ఆర్క్స్ (Betelgeuse), శ్రవణ (Antares) ల వంటి నక్షత్రాలు ఎర్రనివి, అవి M తరగతికి చెందినవి. వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 3,000 డిగ్రీలుగాని, ఇంకా తక్కువగాని వుంటుంది.

నక్షత్రం యొక్క ఉపరితలం ఉష్ణోగ్రత, దాని పరమ ప్రమాణమూ ఆధారం చేసుకుని నక్షత్రం పై భాగాన వుండే కాంతి, నక్షత్రం యొక్క వ్యాసము లెక్కకట్టవచ్చు. ఇలా లెక్కకట్టగా తేలిన దేమంటే, సిరియస్ నక్షత్రం యొక్క వ్యాసం సూర్యుడి వ్యాసానికి 1.8 రెట్లున్నది. Y-Cygnus వ్యాసం 5.9 రెట్లున్నది. కాంటిహీన్ మైన క్రూగర్ 60-B వ్యాసం సూర్యుడి వ్యాసంలో సగం వున్నది.



పటము 16

“రసెర్ డయాగ్రామ్” : ఎడమ నుంచి కుడికి వేల్చిన కొద్దీ నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది. కిందినుంచి పైకి వేల్చినకొద్దీ నక్షత్రాల మొత్తం కాంతి హెచ్చుతుంది. (1. కాంతి, 2. Y-హంస, 3. సిఫైడ్ వేరియబుల్, 4. కపెల్లా, 5. సిరియస్, 6. నూరుడు, 7. సిరియస్ అనుచరుడు, 8. కూగర్ 60-B.

ఈ ఏడు తరగతులూ కాక, R, N, S అనే మరి మూడు తరగతులున్నాయి. ఎర్రనిరంగుగల “శీతల” నక్షత్రాలు ఈ తరగతుల కిందికి వస్తాయి.

1913 లో హెచ్. ఎన్. రసెల్ అనే అమెరికను ప్రొఫెసరు, అప్పటికి తెలిసిన నక్షత్రాలకాంతిని, వర్ణమాలా తరగతులనూ బట్టి ఒక గ్రాఫు తయారుచేశాడు. పటంలో దిగువ కుడి చివరనుంచి, ఎగువ ఎడమచివరదాకా నక్షత్రాలు ఒక శ్రేణిలో అమరివున్నాయి. ఈ గ్రాఫును “రసెల్ డయాగ్రామ్” అంటారు. ఈ శ్రేణిని ప్రధాన శ్రేణి అంటారు. మన సూర్యగోళం ఈ శ్రేణిలోనే ఉన్నది. అతి తక్కువ వేడి గలనక్షత్రాలు దిగువ కుడిచివరనా, అతి వేడిగలనక్షత్రాలు ఎగువ ఎడమ చివరనా ఉన్నాయి.

అయితే ఈ ప్రధాన శ్రేణినుంచి కుడిప్రక్కగా ఒక శాఖాశ్రేణి ఉన్నది. ఇందులో చేరిన రక్షత్రాలు చాలా కాంతిమంతమైనవి; కాని, వాటి ఉష్ణోగ్రత చాలా తక్కువ. ఇవి అంతగా వేడికలవికావు గనక ఒక ప్రమాణంగల వైశాల్యంనుంచి వెలువడే కాంతి తక్కువగానే ఉంటుంది. అయితే మొత్తంగా చూస్తే నక్షత్రం కాంతిమంతంగా కనిపిస్తున్నది గనక వాటి వైశాల్యం అపరిమితంగా ఉందనుకోవాలి. వీటికి “రెడ్ జయింట్స్” (అరుణ బృహత్తారలు) అని పేరు పెట్టారు. “కపెల్లా”, “సిఫేడ్ వేరియబుల్స్” అనేవి ఈ రకానికి చెందినవి.

ఇవికాక, దిగువ ఎడమప్రక్కన కూడా కొన్ని నక్షత్రాలున్నాయి. వీటిని “వైట్ డ్వార్ఫ్స్” (తెల్లని మరు

గుజ్జ తారలు) అంటారు. వీటి ఉష్ణోగ్రత చాలా ఎక్కువ; కాని, మొత్తం కాంతి చాలా తక్కువ.

అనేక తారలు జంటలుగా ఉంటాయి. గురుత్వాకర్షణఫలితంగా అవి ఒకదానిచుట్టూ మరొకటిగా తిరుగుతాయి. ఈ పరస్పర ప్రదక్షిణానికి ఎంతకాలం పడుతుందో, రెండింటిమధ్యగల దూరమెంతో తెలిస్తే ఆ నక్షత్రాలబరువు గుణించవచ్చు. అన్ని నక్షత్రాల బరువూ ఇలా గుణించడం సాధ్యంకాదనుకోండి!

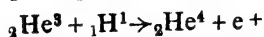
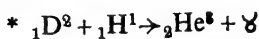
నక్షత్రమొక్క బరువూ, వ్యాసపరిమాణమూ, కాంతి ఆధారంచేసుకొని దానిలోపల ఉండే ఉష్ణోగ్రతను లెక్కకట్టడానికి సర్ ఆర్థర్ ఎడింగ్టన్ ఒక మార్గం కనిపెట్టారు. ఈ పద్ధతి ప్రకారం గుణించగా, సూర్యుడిలోపలి ఉష్ణోగ్రత 2 కోట్ల డిగ్రీలనీ, క్రూగర్ 60-B ది 1.4 కోట్లనీ, సిరియస్ ది 2.5 కోట్లనీ, Y-హంస (Cygnus) ది 3.2 కోట్లనీ తేలింది.

సూర్యుడి అంతర్భాగంలోని 2 కోట్ల డిగ్రీల వేడికి హైడ్రోజను పరమాణువులు, కార్బను - నైట్రోజను పరమాణువులసాయంతో ఒకదానితో ఒకటి చేరి హీలియం పరమాణువులుగా మారిపోతాయి. ఈ ప్రక్రియ జరిగేటప్పుడు, అపారమైన శక్తి విడుదల అవుతుంది. కాని, క్రూగర్ 60-B లాటి నక్షత్రాల లోపలి ఉష్ణోగ్రత ఒకటిన్నరకోట్ల కంటే తక్కువ గనుక అందులో

కార్బను-నైట్రోజను ప్రతిక్రియలు సాధ్యంకావు. ఇలాటి నక్షత్రాలలో తేలికైన ప్రతిక్రియలు మూత్రమే — అనగా, హీలియం - హైడ్రోజను ప్రతిక్రియలు — జరుగుతాయి.

ఈ ప్రతిక్రియ\* ఒకటిన్నరకోటి డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతలో సాధ్యమవుతుందని గమోవ్, క్రిచ్ ఫీల్డ్లవంటి శాస్త్రవేత్తలు నిరూపించారు.

మన సూర్యుడిలో ఉన్న హైడ్రోజను కొన్నివేల కోట్ల సంవత్సరాలకు సరిపడుతుందని మనం లోగడ తెలుసుకుని ఉన్నాం (రెండవ ప్రకరణం). అయితే హైడ్రోజను ప్రమాణం తగ్గినకొద్దీ దాని తాలూకు ప్రతిక్రియా వేగం హెచ్చుతుంది. సహజంగా సూర్యుడే, కాంతి కూడా హెచ్చుతాయి. హైడ్రోజను పూర్తిగా వ్యయమైపోయే సమయాన సూర్యుడి కాంతి ఇప్పటి “సిరియస్” కాంతికి తుల్యంగా ఉంటుంది. ఈలోపుగా “సిరియస్” ప్రకాశం కూడా పెరుగుతుంది. అది రసెల్ డయాగ్రామ్ లో పైకి జరుగుతుంది. చిన్నదైన క్రూగర్ 60-B కాంతిహెచ్చి అది సూర్యుడంత అవుతుంది. ఇప్పటికే అధిక వయస్సుగల నక్షత్రాలు తమ హైడ్రోజనునంతా కోల్పోయి చావ సిద్ధంగా ఉంటాయి.

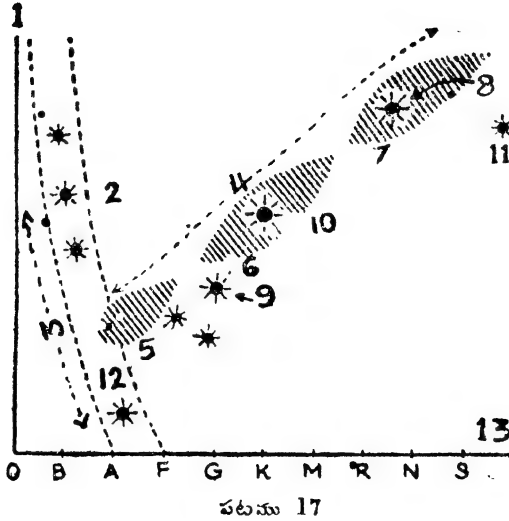




## “అరుణ బృహత్తారలు” (Red Giants)

అరుణ బృహత్తారలు ప్రమాణంలో చాలా పెద్దవి గానూ, తక్కువ ఉష్ణోగ్రతగలవిగానూ ఉంటాయని ఇది వరకే తెలుసుకున్నాం. ఫిబ్రవరి, మార్చిమాసాలలో ఉత్తరాకాశంలో కనిపించే “కపెల్లా” నక్షత్రం ఇందుకు తార్కాణం. దానివ్యాసం సూర్యుడివ్యాసంకన్న పదింతలు పెద్దది. దాని వికీరణం (రేడియేషన్) సూర్యుడికి నూరింతలు. అంత కాంతిమంతమైన నక్షత్రం ఎంతో వేడిగా ఉంటుంది అనుకుంటాం. కాని అది నిజంకాదు. దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత దాదాపు సూర్యుడికి సమంగా ఉంటుంది. దానిబరువు సూర్యుడికి నాలుగింతలు. అందుచేత దాని సాంద్రత సూర్యుడి సాంద్రతలో 250 వ వంతు మాత్రమే. “అరుణ బృహత్తార” లన్నీ తక్కువసాంద్రత గలవే.

“రథసారథి” (Aurigae) అనే నక్షత్రకూటంలో “కపెల్లా” అనే చల్లని, పెద్ద నక్షత్రం ఉన్నది. దాని పేరు ε-Aurigae. ఇది జంటనక్షత్రం. ఆ రెంటిలో ε-Aurigae I అనేది చాలా పెద్దది, చల్లనిది. దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 1,700 డిగ్రీలు మాత్రమే. అయితే దాని వ్యాసం సూర్యుడి వ్యాసానికి 2,000 రెట్లు. దానిని మన సూర్యుడిసానంలో ఉంచినట్లయితే, దాని పరిధి శనియొక్క కక్ష్యదాకా విస్తరించి ఉంటుంది. అయితే దాని బరువు



- “రెస్టర్ డయాగ్రమ్ - ఎగువ భాగం” : (1. కాంతి, 2. Y-హంస, 3. ప్రధానశ్రేణి, 4. మారేనక్షత్రాలు, 5. ఒక రోజు, 6. రెండు వారాలు, 7. ఒక సంవత్సరం, 8. మైకోసెటి, 9. కపెల్లా, 10. డి-సిస్టెంట్, 11. ఓ-ఆరిగె, 12. సిరియస్, 13. శిథిలం)

సూర్యుడి బరువుకు 25 రెట్లు మాత్రమే. దాని సాంద్రత నీటి సాంద్రతతో పోల్చితే 0.000,000,003 మాత్రమే! అయితే ఇది సరాసరి సాంద్రత. నక్షత్రంలోపలికి వెళ్లి స కొద్దీ దానిసాంద్రత, ఉష్ణోగ్రతాకూడా పెరుగుతాయి. అలాకూడా దాని అంతర్భాగంలోని వేడి, సూర్యుడిలో

లాగా 2 కోట్ల డిగ్రీలుండదు. “కపెల్లా” అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత 50 లక్షల డిగ్రీలుంటుంది. ε-Aurigae లోపలి ఉష్ణోగ్రత 10 లక్షల డిగ్రీలకంటెకూడా తక్కువ.

గమోవ్, టెల్లర్ అనే అమెరికను శాస్త్రవేత్తలు 1939 లో జరిపిన పరిశోధనల ఫలితంగా, ఉష్ణోగ్రతకు అనుగుణంగా ఏయే పరమాణు ప్రతిక్రియలు జరుగుతాయో ఈ దిగువ చూపబడింది.

1.  ${}_1\text{D}^2 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^3 + \gamma$  కిరణం (10 లక్షల డిగ్రీలు)
2.  ${}_3\text{Li}^6 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^3$  (30-70 లక్షల డిగ్రీలు)
3.  ${}_3\text{Li}^7 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4$  ( “ “ )
4.  ${}_4\text{Be}^9 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_3\text{Li}^6 + {}_2\text{He}^4$  ( “ “ )
5.  ${}_5\text{B}^{10} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_6\text{C}^{11} + \text{వికిరణం}$  (160 లక్షల డిగ్రీలు)
6.  ${}_5\text{B}^{11} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4$  (80-70 లక్షల డిగ్రీలు)

దీనినిబట్టి మొట్టమొదటి ప్రతిక్రియ తేలికగా జరుగుతుందని స్పష్టమవుతుంది. తరువాత వచ్చే లిథియం, బెరిలియం, బొరాన్ లు 30 నుంచి 70 లక్షల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత ఉంటేతప్ప ప్రతిక్రియలకు గురికావు. 5 వ ప్రతిక్రియలో శక్తి వికిరణంకూడా ఉన్నందున ఇంకా హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. (వికిరణమే తేలిపక్షంలో మొదటి ప్రతిక్రియ ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో సాధ్యమవుతుంది).

“అరుణ బృహత్సారం”లో శక్తి ఎలా ఉత్పత్తి అయ్యేదీ మనమిప్పుడు తెలుసుకోవచ్చు. ε-Aurigae లాటి చల్లని

నక్షత్రాలలో మొట్టమొదటి (హైడ్రోజను - డ్యూట్రాను) ప్రతిక్రియ మాత్రమే జరుగుతుంది. వితియం, బెరిలియం, బొరాను పరమాణువు లింకా వినిమయంకావు. “కపెల్లా” లాటి నక్షత్రాలలో “డ్యూట్రాను” పరమాణువులన్నీ ఖర్చయిపోయి ఉంటాయి. నక్షత్రంయొక్క ఉష్ణోగ్రత 30 లక్షల డిగ్రీలకు పెరిగినమీదట వితియం, బెరిలియం, బొరాన్ పరమాణువుల ప్రతిక్రియలు ఆరంభమవుతాయి. ఇవి హైడ్రోజనుతో చేరి సంయోగంపొంది శక్తిని విడుదల చేస్తాయి.

వితియం, బెరిలియం, బొరానులు సూర్యుడి అంతర్భాగంలో ఉండడం సాధ్యంకాదు. అవి అక్కడ ఉన్నట్టయితే అక్కడి అపరిమితమైన ఉష్ణోగ్రతకు అపారమైన శక్తిని వెలువరించి సూర్యుణ్ణి పేల్చివేసి ఉండేవి. అదికాలంలో, సూర్యుడి అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత అంతగా లేనప్పుడు పరమాణు ప్రతిక్రియలలో పాల్గొని, శక్తిని వెలువరించి, నిర్మూలమై ఉంటాయి. అనేకనక్షత్రాల వర్ణమాలలను పరిశీలించగా, అత్యధికసంఖ్యగల నక్షత్రాలలో ఈమూలకాలు లేనట్టు స్పష్టమవుతున్నది. మన భూమిపై నకూడా ఇవి చాలా కొద్ది మొత్తాలలో ఉన్నసంగతి మనకు తెలుసు. ప్రధానశ్రేణికి సన్నిహితంగా ఉండే “అరుణ బృహత్పర కల”లో ఉండిన ఈ మూడు మూలకాలూ దాదాపు నిర్మూలమై పోయాయి, వాటిలో, మన సూర్యుడిలో

లాగా, కార్పను - నైట్రోజను ప్రతిక్రియలు ఆరంభం కానున్నాయి.

ప్రధానశ్రేణికి చెందిన నక్షత్రాలన్నింటా కార్పను - నైట్రోజను - హైడ్రోజను ప్రతిక్రియలు జరుగుతున్నాయి (2 వ ప్రకరణంలో చూడండి). ప్రతిక్రియలలో, పాల్గొనే కార్పను, నైట్రోజను పరమాణువులు నిర్మూలంకావన్నది జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి; హైడ్రోజను మాత్రమే వినిమయమవుతుంది. నక్షత్రాలలో అంతలేని హైడ్రోజను ఉన్నది. గనుక అవి దానిని వినియోగించుకుంటూ అతి దీర్ఘకాలం శక్తిని వెలువరించగలుగుతాయి.

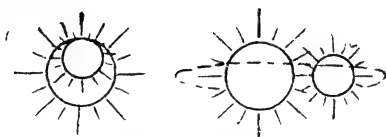
మన సూర్యుడూ, ఇతర నక్షత్రాలూ తమ జీవితాలను ఎలా ఆరంభించి ఇప్పటి దశకువచ్చినదీ ఇప్పుడు మనం స్థూలంగా చెప్పవచ్చు. ప్రతినక్షత్రమూ ఒక పెద్ద వాయు గోళంగా ప్రారంభమయింది. అందులో మూలకాలన్నీ ఉండేవి. వాటి ఉష్ణస్థితి, సాంద్రతా బహుకొద్దిగా ఉండేవి. ఈ గోళంలోని వివిధప్రాంతాలమధ్యగల ఆకర్షణఫలితంగా గోళం సంకోచంపొందింది. ఇందునల్ల ఉష్ణోగ్రత, సాంద్రతా హెచ్చాయి. అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత 10 లక్షల డిగ్రీలు అందుకున్నాక డ్యూట్రాను - హైడ్రోజను ప్రతిక్రియ ప్రారంభమై, పెద్ద ప్రమాణంలో శక్తి విడుదల అయింది. ఈ శక్తి వికిరణ శక్తికి సమానమయేసరికి నక్షత్రం సంకోచంపొందడం నిలిచిపోయింది. డ్యూటీరియం వాయువు

నిర్మూలమైపోయినదాకా సక్షత్రంయొక్కస్థితి మార్పు లేకుండా అలాగే ఉండి ఉంటుంది.

కాని, డ్యూటీరియం పరిమాణం తగ్గిపోయి, దాని ద్వారా వెలువడే శక్తి వికిరణశక్తి కన్న తక్కువైపోగానే గోళం తిరిగి సంకోచం పొందసాగింది. ఇందువల్ల ఉష్ణోగ్రత తిరిగి పెరిగి, లిథియం ప్రతిక్రియ ప్రారంభం కాదగిన స్థితి ఏర్పడుతుంది. ఈ ప్రతిక్రియ ప్రారంభం కావడంతో హెచ్చుశక్తి వెలువడి సంకోచం తిరిగి నిలిచిపోతుంది.

ఈ విధంగా కేంద్రక ప్రతిక్రియలు ఒకదాని వెనుక మరొకటిగా సాగుతూ, సక్షత్రంయొక్క అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత, వెలుపలి ప్రకాశమూ పెరుగుతాయి. తక్కువ ఉష్ణోగ్రత, ఎక్కువ పరిమాణమూగల “అరుణ బృహత్తారలు” సంకోచంపొంది, వేడెక్కి, తమలోఉండే లిథియం, బెరిలియం, బొరానులను వ్యయపరచుకుని ప్రధానశ్రేణి నక్షత్రాలలో చేరిపోతాయి. ఆతరువాత కార్బను-నైట్రోజను ప్రతిక్రియ ఆరంభమై, హైడ్రోజను హీలియంగా పరివర్తనపొంది అపరిమితమైన శక్తి వెలువడుతుంది. మన సూర్యగోళం ఇప్పుడు డీస్థితిలోనే ఉన్నది. ఆరంభదశలో కూడా నక్షత్రాలలో డ్యూటీరియం, లిథియం, బెరిలియం, బొరాన్లు అల్పప్రమాణంలోనే ఉంటాయి. అందుచేత, వాటితోకూడిన ప్రతిక్రియలలో హైడ్రోజను చాలాకొద్దిగా మాత్రమే వ్యయమవుతుంది. మన సూర్యుడికి ఆ దశ కొద్ది

కాలమే ఉండినది. నక్షత్రం ప్రధానశ్రేణిలో చేరుకోగానే, కార్బను - నైట్రోజను ప్రతిక్రియ ఆరంభమై, హైడ్రోజను వ్యయమైపోయేదాకా సాగుతూ, హైడ్రోజనునుంచి హీలియం తయారవుతూ ఉంటుంది. మన సూర్యగోళం దాదాపు వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలపాటు ఈ దశలో ఉంటుందని అంచనా వేశారు.



పటము 18

“జంట నక్షత్రాలు” :

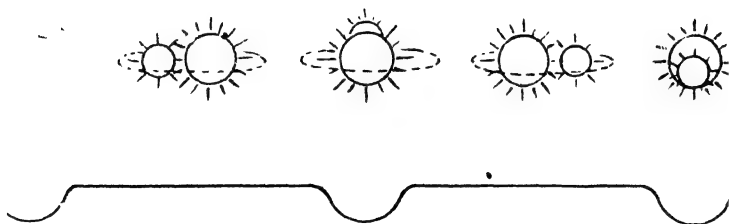
ఒక దానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతుంది.

## మారే నక్షత్రాలు (Variable Stars)

కొన్ని నక్షత్రాలకాంతి హెచ్చుతూ, తిరిగి తగ్గుతూ ఉండడం దీర్ఘకాలంగా నక్షత్రవేత్తలు గమనిస్తూ వచ్చారు. ప్రాచీన అరబ్బులు ఇలాటి నక్షత్రాలలో “అల్ గాల్” (Algol) అనే దానికి “పిశాచి నక్షత్రం” అని పేరు పెట్టారు. 1782 లో గుడ్ రిక్ అనే ఆయన ఈ నక్షత్రం కాంతి 2 రోజుల 20 గంటల 49 నిమిషాల కొకసారి హెచ్చుడమూ, తగ్గుడమూ జరుగుతుందనీ, దాని కాంతి తగ్గదానికి కారణం దాని సమీపంగా ఉండే మరొక నక్షత్రం దానికి

అడ్డం వస్తూ ఉండడమనీ, ఆరెండు నక్షత్రాలూ ఒకదాని చుట్టూ ఒకటి తిరుగుతున్నాయనీ కనిపెట్టాడు. (పటం 18).

ఆకాశంలో ఇలాటి జంటనక్షత్రాలెన్నయినా ఉన్నాయి. వాటికాంతి చాలాసేపు నిలకడగా ఉండి, తిరగడంలో ఒకభావికొకటి అడ్డురాగానే చప్పున తగ్గిపోతుంది. (పటం 19).



పటము 19

“జంట నక్షత్రాల కాంతిలో మార్పు” : ఒక నక్షత్రానికి మరొకటి అడ్డువచ్చినప్పుడు మొత్తం కాంతి ఆకస్మికంగా తగ్గుతుంది. ఇతర వేళల కాంతిలో మార్పు ఉండదు.

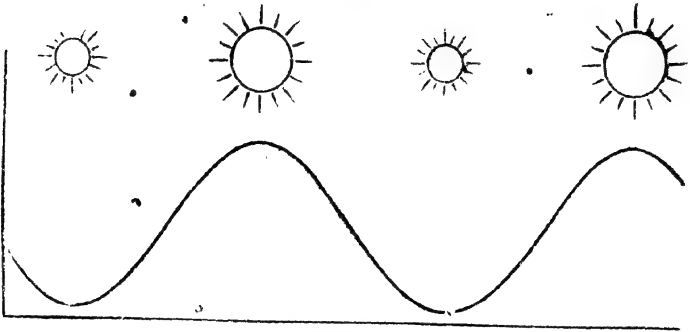
జంట నక్షత్రాలు కాకుండానే కాంతిలో మార్పు కలిగే నక్షత్రాలుకూడా ఉన్నాయి. వీటిని “సిఫ్డ్ వేరియబుల్స్” అంటారు. ఎందుకంటే, మొట్టమొదటగా కనిపెట్టబడిన నక్షత్రం “రి-సిఫై” అనేది. ఈ నక్షత్రాల కాంతిలో మార్పు క్రమంగా జరుగుతుంది. ఈ నక్షత్రాల



వర్ణమాలల ఫోటోలు తీసిచూడగా, “డాప్లర్ ఇఫెక్ట్”\* ననుసరించి, నక్షత్రాల పరిమాణం హెచ్చుతూ, తగ్గుతూ ఉన్నట్టు స్పష్టమయింది (పటం 20). ఈ “సిఫేడ్” తరగతి మారేనక్షత్రాలన్నీ అరుణ బృహత్తారలే. వీటిని పటం 17 లో చూడవచ్చు.

ఈ నక్షత్రాలకాంతి తగ్గి, హెచ్చే ఆవర్తనకాలం ఒక్కొక్కనక్షత్రానికి ఒక్కొక్క విధంగా ఉంటుంది. కొద్ది ఆవర్తనకాలంగల నక్షత్రాలు 6 మొదలు 24 గంటల కొక సారి మారుతాయి. రెండవతరగతికి చెందినవి 1 మొదలు 3 వారాలకొకసారి మారుతాయి. మారేనక్షత్రాలలో వీటిని సాధారణమైనవి (normal) గా పరిగణిస్తారు. సి-సిఫే ఆనే నక్షత్రం ఈ తరగతికి చెందినది. మూడవతరగతికి చెందిన మారేనక్షత్రాల ఆవర్తనకాలం ఇంచుమించు ఒక

\* “డాప్లర్ ఇఫెక్ట్”. ఒకనక్షత్రం మనకేసి వేగంగా వస్తున్నప్పుడు దాని వర్ణమాలలోని గీరలు ఉదారంగా ఉండేవేపు జరుగు జరుగుతాయి. మననుండి దూరంగా పోతున్న నక్షత్రాల వర్ణమాలలలో అవి ఎరుపురంగా ఉండేవేపు జరుగుతాయి. దీనినే “డాప్లర్ ఇఫెక్ట్” అంటారు. అందుచేత భూమిమీది కాంతియొక్క వర్ణమాలలో నక్షత్రాలవర్ణమాలలను పోల్చిచూసినట్లయితే, నక్షత్రం మనకేసి వస్తున్నదో, మన నుంచి దూరంపోతున్నదో, ఎంతవేగంగా కదులుతున్నదో కూడా తెలుస్తుంది. ఇది తెలుసుకోవడానికి గీరలు ఎంతదూరం, ఎటుగా జరిగినదీ కొలుస్తారు.



పటము 20

“సిఫేడ్ నక్షత్రాలకాంతిలో మార్పు” : ఈ నక్షత్రాల కాంతి విడువబడతా తగ్గుతూ, హెచ్చుతూ ఉంటుంది. ఇవి జంట నక్షత్రాలు కావు; వీడి నక్షత్రాలు. ఈ నక్షత్రాలు పెద్దవీ, చిన్నవీ అవుతూ ఉండడంచేత వీటికాంతి మారుతున్నట్టు కనిపిస్తుంది.

సంవత్సరం ఉంటుంది. వీటిని దీర్ఘ ఆవర్తనకాల నక్షత్రాలంటారు. “మైరా” (అద్భుతం) అనే నక్షత్రం ఈతరగతికి చెందిన నక్షత్రాలలోసుపరిచితమైనది. ఈమూడు తరగతుల నక్షత్రాలూ 117, 118 వ పేజీలలో వివరించినట్టు, మూడు విధాలుగా శక్తిని వెలువరిస్తాయి. దీర్ఘ ఆవర్తనకాలంగల మారేనక్షత్రాలు ధ్యూట్రాను - ప్రోటాను ప్రతిక్రియ ద్వారాను, “సిఫేడ్ వేరియబుల్స్” లిథియం, బెరిలియం, బొరాను ఐసోటోపులను వ్యయపరచడం ద్వారానూ శక్తిని వెలువరిస్తాయని శాస్త్రవేత్త గమోవ్ వివరించాడు.

నక్షత్రాలూ, “నెబులాలూ” ఉండే దూరాలను కొలవడానికి మారే నక్షత్రాలను ఉపయోగపరచే ముఖ్యమైన ఒక పద్ధతి కనుగొనబడింది. 1912 లో మిస్ హెన్రియటా లెవిట్ “మెగలానిక్ క్లౌడ్” గురించి పరిశోధనలు చేస్తూ, ఆ నక్షత్రసముదాయంలో అనేక సిఫేడ్ వేరియబుల్స్ ను గమనించింది. వాటిలో దీర్ఘ ఆవర్తనకాలం గలవి చాలా కాంతిమంతంగానూ, హ్రస్వ ఆవర్తనకాలం గలవి కాంతితక్కువగానూ కనిపించినాయి. ఆ నక్షత్రాలన్నీ భూమికి ఇంచుమించు ఒకేదూరంలో ఉండి ఉండాలి, కనుక వాటికాంతి ప్రమాణంలో కనిపించిన తేడా వాస్తవమైన తేడాయే అయి ఉండాలి. అందుచేత ఆమె, దీర్ఘ ఆవర్తన కాలంగల నక్షత్రాలు ఎక్కువకాంతిమంతమైనవన్న నిర్ణయానికి వచ్చింది. ఆ అబ్జర్వేటరీ ప్రధానాధికారి (హెరార్డ్ షేప్లీ) ఈ నిర్ణయాన్ని అనుసరించి అనేక మారేనక్షత్రాల దూరాలను కొలిచాడు.

సమీపదూరంలో ఉండే సిఫేడ్ వేరియబుల్ యొక్క దూరాలను “పారలాక్స్” (లంబన) పద్ధతిలో

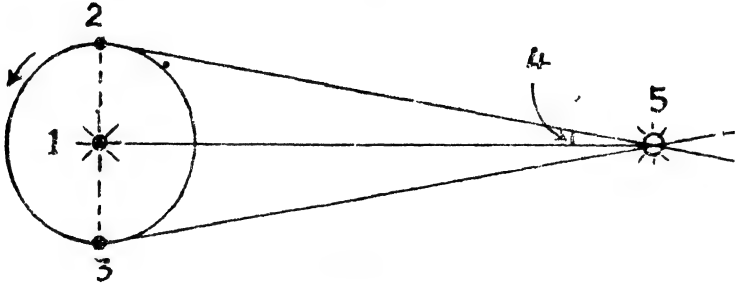
\* “పారలాక్స్” (లంబన) పద్ధతి: ఏ నక్షత్రంగాని ఉచ్చస్థానంలో ఉన్నప్పుడు దానిస్థానాన్ని టెలిస్కోపు సాయంతో కచ్చితంగా నిర్ణయించవచ్చు. తిరిగి ఆరుమాసాలకు, భూమి తన కక్ష్య ఆవళిపక్క ఉన్నప్పుడు, ఆనక్షత్రంయొక్క స్థానాన్ని నిర్ణయించినట్లయితే రెండుస్థానాలమధ్యా కొద్ది తేడా కనిపిస్తుంది. ఈ మార్పు

ఇంచుమించు నిక్కచ్చిగానే కొలవవచ్చు. అయితే మరీ దూరంగా ఉండే నక్షత్రాలదూరాలను కొలవడాని కీపద్ధతి ఉపకరించదు, ఎందుకంటే వాటికి “పారలాక్స్” ఏమీ ఉండదు. అయితే, సమీపంలో ఉన్న మారేనక్షత్రం యొక్క ఆవర్తనకాలాన్ని, దూరంగా ఉన్న దాని ఆవర్తన కాలంతో పోల్చిచూసినట్లయితే వాటి కాంతి మధ్యగల నిష్పత్తి తెలిసిపోతుంది. తెలిస్కోపు సాయంతో దృశ్య కాంతియొక్క నిష్పత్తిని కనుక్కోవచ్చు. కాంతి తీవ్రత దూరాన్నిబట్టి విలోమ చతురస్ర నిష్పత్తిలో క్షీణిస్తుంది గనుక నక్షత్రాల వాస్తవకాంతికీ, దృశ్యకాంతికీ మధ్య ఉండే నిష్పత్తినిబట్టి వాటిదూరాలను, లెక్కగట్టవచ్చు. సమీపంలోగల నక్షత్రంయొక్క దూరం తెలుసు గనుక, దూరానఉన్న దాని దూరాన్ని తేలికగా గుణించవచ్చు.

సిఫేడ్ నక్షత్రాలు “స్పైరల్ నెబులా” అనబడే నక్షత్రకూటాలలోకూడా కనబడుతున్నాయి. వాటి ఆవర్తన కాలాన్నిబట్టి యథార్థకాంతిప్రమాణాన్ని తెలుసుకోవచ్చు. ఎంతదూరాన ఉంటే వాటి యథార్థకాంతి వాటిదృశ్యకాంతికీ సమమవుతుందో గుణించినట్లయితే, అవి ఉండే నక్షత్రకూ

---

యొక్క కోణంలో సగభాగాన్ని పారలాక్స్ అంటారు. దీని సాయంతో ఆనక్షత్రం భూమికి (లేక నూత్యడికి) ఎంతదూరాన ఉన్నదీ తేలికగా లెక్కకట్టవచ్చు. నక్షత్రాలయొక్క “పారలాక్స్” అత్యల్పం.



పటము 21

“పారలాక్స్”: దీని సాయంతో నక్షత్రాల దూరాలను తెలుసుకోవచ్చు.

(1: నూరుడు, 2,3: భూమి, 4: పారలాక్స్, 5: నక్షత్రం)

టాల దూరం వచ్చేస్తుంది. అపారమైన దూరాలను కొలవడాని కిది అతిముఖ్యమైనపద్ధతి.

మరీ దూరానఉండే నక్షత్రకూటాలకు చెందిన విడి నక్షత్రాలు ఎంత శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులలోనూ కనిపించవు. అందుచేత వాటిదూరాలను ఈ విధంగా అంచనా కట్టడం సాధ్యపడదు.

ఈ నక్షత్రాల పరిమాణం పెరగడమూ, తరగడమూ, వాటికాంతి హెచ్చడమూ, తగ్గడమూ దేనికి? శాస్త్రవేత్త గమోవ్ దీని నిలా వివరించాడు : పరమాణు ప్రతిక్రియల ఫలితంగా, నక్షత్రంయొక్క అంతర్భాగంలో అంతులేని శక్తి వెలువడుతుంది, అలా వెలువడే శక్తి వికిర

గానికి చాలసప్పుడు, గురుత్వాకర్షణ బలంకొద్దీ దాని పరిమాణం సంకోచంపొందుతుంది. అందువల్ల నక్షత్ర ఉష్ణోగ్రత, దాని వికిరణశక్తి పెరుగుతాయి. మారే నక్షత్రాలలో గురుత్వాకర్షణబలంతో వెలువరించబడే శక్తి, పరమాణుప్రతిక్రియద్వారా వెలువరించబడే శక్తి దాదాపు ఒకటే కావడంచేత, ఏవిధంగా శక్తిని వెలువరించవలసినదీ తెలియని స్థితిలో నక్షత్రం ఉంటుందన్నమాట. అందుచేత అది రెండు పద్ధతులనూ మార్చిమార్చి ఉపయోగిస్తుంది. అయితే ఈ ఊహలేవీ ఇంకా ధ్రువపడలేదు.

### తెల్ల మరుగుజ్జులు (White Dwarfs) ,

మనసూర్యగోళంలో ఉన్న హైడ్రోజనంతా అయిపోయాక దానిగతి ఏమవుతుంది? 2 వ ప్రకరణంలో ఈవిషయం సంగ్రహంగా తెలుసుకున్నాం. సూర్యగోళంలోని హైడ్రోజను తరిగిపోయేకొద్దీ సూర్యుడికాంతీ, వేడి పెరిగి, అది అయిపోయేసమయానికి అవి ఇప్పుడుండేదానికి సూరింతలుగా ఉంటాయి. హైడ్రోజను అయిపోయినాక సూర్యగోళం సంకోచంపొందసాగుతుంది. సంకోచంవల్ల వెలువడే కాంతీ వేడి, సూర్యుడి వికిరణాన్ని కొంతకాలం నిలబెట్టి ఉంచుతాయి. కాని సంకోచం హెచ్చినకొద్దీ సూర్యుడి కాంతీ, వేడి తగ్గ నారంభిస్తాయి. దీర్ఘకాలం అనంతరం సూర్యగోళం కాంతిరహితమూ, ఉష్ణరహితమూ అయి, నిర్జీవ

గోళంగా తయారవుతుంది. కరడుగట్టిపోయిన గ్రహాలు నిర్జీవంగా దానిచుట్టూ తిరుగుతాయి.

చిట్టచివరకు నక్షత్రం ఎంత చిన్నదవుతుంది? ఇది నక్షత్రంయొక్క మొత్తం ద్రవ్యంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. హెచ్చు ద్రవ్యంగల నక్షత్రం సంకోచంపొంది చాలా చిన్నదవుతుంది. తక్కువ ద్రవ్యంగల నక్షత్రం అంతగా సంకోచం పొందదు. అయినప్పటికీ, సంకోచంపొందే నక్షత్రాల తుది వ్యాసప్రమాణం 80,000 మైళ్లకు లోపు ఉంటుందని అంచనా వేశారు. మనసూర్యగోళం సంకోచంపొంది భూమి యొక్క వ్యాసప్రమాణాన్ని (8,000 మైళ్లు) చేరుకుంటుంది.

సూర్యుడూ, ఇతరనక్షత్రాలూ ఇంతగా సంకోచం పొందడం దేనికి? అలా అయితే మన భూమి, ఇతర గ్రహాలూకూడా సంకోచంపొంది చిన్నవవుతాయా?

ఒక చిన్న ఇటుకముక్కను అడకత్తెలో పెట్టి గట్టిగా నొక్కినట్లయితే అది తుంపులు తుంపులవుతుంది. అది ఘనపదార్థమే అయినప్పటికీ, అది ఒక పరిమితికి మించిన పీడనానికి గురి అయినప్పుడు దాని అణువులు పీడనానికి లొంగిపోయి పక్కకు తొలుగుతాయి. ఇటుక “చితికింది” అంటూ, గురుత్వాకర్షణ బలంచేత పెద్ద నక్షత్రం సంకోచం పొందినప్పుడు, దానికేంద్రంలో అంతేలేని పీడనం ఏర్పడుతుంది. ఈ పీడనం ఒక పరిమితిని మించినప్పుడు నక్షత్రంలోని పరమాణువులు చితికిపోతాయి, వాటి కేంద్రకాలూ, వాటి

చుట్టూ పరిభ్రమించే ఎలెక్ట్రానులూ క్రమంతప్పి కలగాపులగ మైపోయి, వాయువులోని అణువులలాగా అన్ని దిక్కులా పరిగెడతాయి. వీడనం మరింత హెచ్చినప్పుడు ఇవి సంచరించే జాగాతగ్గిపోయి, సహజంగా నక్షత్రంయొక్క సాంద్రత పెరుగుతుంది. వీడవంవల్ల ఘన, ద్రవ పదార్థాల సాంద్రత పెరగదు, కాని వాయుపదార్థాలు సంకోచంపొందుతాయి, అందుచేత వాటి సాంద్రత హెచ్చుతుంది. ఈ విధంగా, నక్షత్రగర్భంలోని చితికిన పరమాణువుల కేంద్రకాల, ఎలెక్ట్రానుల మిశ్రణం వీడనం ఫలితంగా సంకోచంపొందుతుంది. వాయు పదార్థం లాగే దానిసాంద్రత పెరుగుతుంది.

ఇప్పుడు మనం ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానం చెప్పవచ్చు : సూర్యుడూ, ఇతర నక్షత్రాలూ అంతగా సంకోచం పొందడం దేనికి? భూమికూడా సంకోచంపొందుతుందా?

ఎస్. చంద్రశేఖర్, పి. ఎస్. కొతారీల గణనం ప్రకారం, భూమికన్న 320 రెట్లు బరువుండే వస్తువు లోపలి వీడనం దాని పరమాణువులను విచ్ఛిన్నం చేయడానికి చాలి ఉంటుంది. అంతకంటే ఇంకా హెచ్చుబరువుండే గ్రహంలో ఇంకా హెచ్చు వీడనం ఉండి, పరమాణువులు మరింతగా విచ్ఛిన్నమవుతాయి, సంకోచంఫలితంగా అది చిట్టచివరకు మరింత చిన్నదవుతుంది. “చిట్ట చివరకు” అన్నాం. ఏమంటే, మనసూర్యగోళం బరువు మన భూమి బరువుకు 3,30,000 రెట్లు. అయితే, పరమాణు ప్రతిక్రియవల్ల విడు



దల అయ్యే శక్తి వల్ల గురుత్వాకర్షణబలం ప్రతికృతం అవుతూ ఉండడంచేత సూర్యుడు సంకోచంపొందడం లేదు. పరమాణు ప్రతిక్రియలన్నీ సమాప్తమయ్యాక సూర్యగోళం సంకోచం ప్రారంభమవుతుంది. ఆస్థితిలో సూర్యుడిలోని పరమాణువులు చితికిపోయి, సూర్యుడివ్యాసం సంకోచంపొంది భూమి యొక్క వ్యాసం ప్రమాణానికి తరిగి పోతుంది. సూర్యుడి కన్న పెద్ద నక్షత్రాలు సంకోచంపొంద నారంభించినప్పుడు, వాటి అంతర్భాగాలలోని పీడనం ఇంకా హెచ్చుగా ఉంటుంది గనుక, సంకోచంద్వారా అవి మరింత చిన్న వవుతాయి.

భూమియొక్క అంతర్భాగంలోని పీడనం పరమాణువులను చితికగొట్ట జాలినది కానందున, భూమి సంకోచం పొంద నవసరంలేదు.

ఇంతకూ ఇదంతా నిజమా, లేక శాస్త్రవేత్తల పగటికలా? ఇందులోని వాస్తవాన్ని ప్రత్యక్షంగా చూడడానికి మనం వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలు జీవించి ఉండలేమని వేరే చెప్పనవసరంలేదు. అయితే వర్తమాన సామ్యధారం ఏమైనా ఉన్నదా? అ! ఉన్నట్టే కనబడుతుంది.... సంకోచం పొందే నక్షత్రాల వర్ణమాలలు తెల్లగా ఉండాలి. వాటి ఉష్ణోగ్రత హెచ్చుగా ఉండాలి. అయితే, వాటి పరిమాణం తక్కువ గనుక వాటి ప్రకాశంకూడా తక్కువే ఉండాలి. వాటి బరువు హెచ్చూ, పరిమాణం తక్కువ గనుక వాటి

సాంద్రత హెచ్చుగా ఉండాలి. ఈ లక్షణాలుగల నక్షత్రాలు ఆకాశంలో అనేకం ఉన్నాయి.

నక్షత్రాలన్నిటిలోకీ కాంతిమంతమైన “సిరియస్” కదిలేమార్గం సక్రమంగా లేదని శాస్త్రవేత్తలకు చాలా కాలంగా తెలుసు. ఆ మార్గం దీర్ఘవృత్తాకారంలో ఉన్నదని 1844 లో బెసల్ కనిపెట్టాడు. ఒకనక్షత్రం దీర్ఘవృత్త కక్ష్యలో నడుస్తున్నదంటే అది మరొకదాని చుట్టూ తిరుగు తున్నదన్నమాట. కనుక, సిరియస్ సమీపంలో మరొక నక్షత్రం ఉండిఉండాలని నిర్ధారణచేసుకుని శాస్త్రవేత్తలు తెలిస్కోపులతో ఆ ప్రాంతాన్ని గాలించారు. 18 వ శతాబ్దం అనంతరం (1862 లో) ఆల్బన్ క్లాక్ తన 18 అంగుళాల తెలిస్కోపు సాయంతో ఈ నక్షత్రాన్ని కనిపెట్టాడు. దానికి “సిరియస్ సహచారి” అని పేరు పెట్టాడు. దాని ప్రకాశం సిరియస్ ప్రకాశంలో 13,000 వ వంతు ఉంటుంది. బరువులో అది మన సూర్యుడికి సమానమైనది, కాని ప్రకాశంలో సూర్యకాంతి 360 వ వంతు మాత్రమే. అదేదో చిన్న అరుణతార అనుకుని దాన్ని ఉపేక్షచేశారు.

కాని 1914 లో ప్రొఫెసర్ డబ్ల్యు. ఎస్. ఆడామ్స్ ఈ నక్షత్రమొక్క పర్ణమాలలు ఫోటోగ్రాఫ్ చేయగా ఇది “శ్వేత” నక్షత్రమని బయటపడింది. దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 10,000 డిగ్రీలు. అలా అయితే అది సూర్యుడికన్న

కాంతిమంతమైన దన్నమాట, కాని కాంతిహీనంగా కనబడుతుందే? దాని వ్యాసం అంచనాకట్టగా అది 17,000 మైళ్లు మాత్రమే నని తేలింది. అంటే భూమి వ్యాసానికి రెట్టింపన్నమాట. అయితే దానిబరువు భూమి బరువుకన్న రి లక్షల రెట్లు జాస్తి! దాని సాంద్రత నీటి సాంద్రతకు 2,00,000 రెట్లు. ఇలాటి నక్షత్రాలకు “తెల్లమరుగుజ్జులు” అని పేరు పెట్టారు. వీటిబరువూ, పరిమాణమూ, ఉష్ణోగ్రతా గమనించినట్లయితే ఇవి సంకోచంపొందినదశలో ఉన్నట్టు స్పష్టమవుతుంది. కనుక మనం లోగడ చెప్పుకున్న వివరణలు కేవలమూ ఊహాజనితమైనవి కావనీ, వాస్తవమేననీ మనం నమ్మవచ్చు.

మన సూర్యగోళంకూడా, దానిలోని హైడ్రోజను యావత్తూ వ్యయమైనాక సంకోచంపొందడం ప్రారంభించి “సిరియస్ సహచారి” లాగా అవుతుందనడానికి సంశయమేమీలేదు. భూమినుంచి చూస్తే అది గురుగ్రహం ప్రమాణంలో కనిపిస్తుంది. చంద్రగోళం అసలు కనిపించనే కనిపించదు. భూమియొక్క ఉష్ణోగ్రత 200 డిగ్రీలుంటుంది. అప్పుడీక భూమిపై ఎలాటి ప్రాణులూ జీవించలేవు. అయితే ఈ దశవర్పడడానికి చాలా ముందుగానే సూర్యుడి ఉష్ణోగ్రత నూరింతలు పెరిగి భూమి మాడి బొగ్గయిపోయి ఉంటుంది. కనుక సూర్యుడు సంకోచంపొంది, త్వరగా చంద్రం గురించి విచారించడానికి అప్పటికే వరూ మిగలరు.

## పేలే నక్షత్రాలు

నక్షత్రాల పరిణామంలో వైనచెప్పిన దశలలో ఒక్కొక్కటి గడవడానికి కొన్ని కోట్ల యేళ్లు పడుతుంది. అందుచేత ఒకే నక్షత్రంలో ఈదశలన్నీ గమనించడం అసాధ్యం. అయితే ఆకాశంలోగల నక్షత్రకోటిలో ఒక్కొక్క పరిణామదశలో ఉన్నటువంటివి కొన్ని వందలున్నాయి. వీటిని ఫరిశీలించడంవల్ల మనకు నక్షత్రపరిణామం సాధారణంగా ఎలా ఉండేదీ తెలుస్తుంది.

అయితే, కొన్ని నక్షత్రాలు క్రమపరిణామం చెందడానికి మారుగా ఆకస్మికంగా పేలుతాయి ; కొద్దిరోజులలోనో, కొద్దిగంటలలోనో వాటి ప్రకాశం అనేకలక్షల రెట్లు వృద్ధిచెందుతుంది. పేలకపూర్వం అది కాంతిహీనమైన చిన్న నక్షత్రం అయి ఉండవచ్చు. పేలుడు అనంతరం అది ఆకాశంలోని కాంతిమంతమైన నక్షత్రాలలో ఒకటిగా కనిపిస్తుంది. ఇలా ఆకస్మికంగా దర్శనమిచ్చే నక్షత్రాలకు వెనుకటి నక్షత్రశాస్త్రవేత్తలు “నవ్యతారలు” (Novae) అని పేరుపెట్టారు. గతంలో ఇలాటి “నవ్యతారలు” అనేకం కనిపించినట్లు మనం చరిత్రద్వారా తెలుసుకొంటున్నాం. ముఖ్యంగా, క్రీస్తు జన్మించినప్పుడు బెల్లెహేములో కనిపించిన కాంతిమంతమైన నక్షత్రం నవ్యతార అయి ఉండాలని శాస్త్రవేత్తల అభిప్రాయం. క్రీ.శ. 1504 లో తాము ఒక నవ్యతారను చూసినట్లు చీనావారు తమ గ్రంథాలలో

పేర్కొన్నారు. డేనిష్ శాస్త్రవేత్త టెకోబ్రాహ్ 1572 లోనూ, యోహాన్ కెప్లర్ 1604 లోనూ అతి కాంతిమంతమైన నవ్యతారలను చూసినట్టు వ్రాశారు. టెలిస్కోపులు ఉపయోగంలోకి వచ్చాక కొన్ని వందల ఏళ్ల పాటు అలాటి నవ్యతారలు కనిపించలేదు. 1918 లో “అక్విలా” రాశిలో ఒక నవ్యతార కనిపించి, కొద్దిరోజుల పాటు సిరియస్ ను మించి ప్రకాశించి, తరువాత అంతర్ధానమయింది. భూమిపై గల అనేక ప్రాంతాలనుంచి ఈ నక్షత్రాన్ని చక్కగా పరిశీలించి, దానివర్ణమాల తాలూకు ఫోటోలు అనేకం తీశారు. ఈ పరిశీలనలద్వారా అనేక కొత్త విషయాలు తెలిశాయి.

కాంతిమంతమైన ఈ నవ్యతారలు గాక అనేక చిన్న నక్షత్రాలు కంటికి కనిపించకుండా పేలడం జరగవచ్చు. భూమిమీదగల అనేక టెలిస్కోపులు నిత్యమూ ఆకాశాన్ని ఫోటోగ్రాఫ్ చేస్తూండడంచేత పేలుడు నక్షత్రాల ప్రకాశం హెచ్చడం వెంటనే తెలిసిపోతున్నది. మన నక్షత్రకూటం (పాలవెల్లి) లోనే ఏటా 20 నక్షత్రాలదాకా పేలుతున్నట్టు అంచనావేశారు. అయితే పేలుడునక్షత్రాలన్నీ ఒకే పరిమాణంగలవి కావు. కొన్ని ఎంతకాంతిమంతంగా ఉంటాయంటే పట్టపగలే వాటిని చూడవచ్చు. మరి కొన్ని టెలిస్కోపులోనుంచి చూస్తేగాని కనబడవు. ఈ తేడాకు కారణం ఆ నక్షత్రాలకూ, మనకూ మధ్యగల దూరంలోని వ్యత్యాసమే. అవన్నీ ఒకేదూరంలో ఉన్నట్టయితే వాటి

ప్రకాశం ఇంచుమించు ఒకటిగానే — అంటే, సూర్యుడి ప్రకాశానికి 2,00,000 రెట్లు—ఉంటుంది.

వీటిమాట అలాఉంచి, అప్పుడప్పుడూ బ్రహ్మాండమైన పేలుడులు జరుగవచ్చు. బెల్లెహమ్, టైకో, కెప్లర్ నక్షత్రాలు ఇలాటివి. వీటి కాంతి సూర్యుడికాంతి కన్న కొన్ని వందలకోట్ల రెట్లుంటుంది. మన నక్షత్రకూటంలో అలాటి పేలుడు సుమారు మూడువందల సంవత్సరాలకొకటి జరుగుతుంది. వీటిని “అతీత నవ్యతారలు” (Supernovae) అంటారు. ఇలాటి పేలుడులు చాలా అరుదుగా జరుగుతాయి గదా, వాటిని పరిశీలించి అవగాహన చేసుకునే దెలా? ఇందుకుకూడా మార్గం లేకపోలేదు.

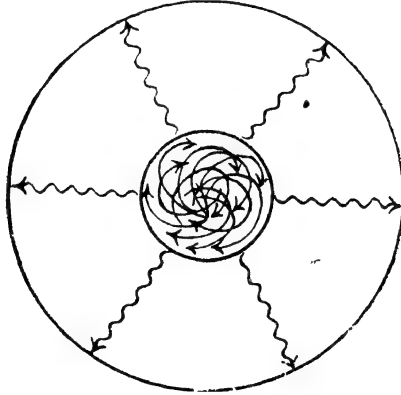
మన నక్షత్రకూటంలో ఇరవై వేలకోట్ల నక్షత్రాలున్నట్లు అంచనా వేశారు. ఆకాశంలో మన నక్షత్రకూటంలాటివి అనేకకోట్లు ఉన్నట్లు మనకు తెలుసు. వాటి దూరాలు ఎంతెంతో విస్తారమైనవి. వాటిని గురించి పై ప్రకరణంలో తెలుసుకుందాం. మన నక్షత్రకూటంలోలాగే ఇతర నక్షత్రకూటాలలోకూడా ఈ బ్రహ్మాండమైన పేలుడులు జరుగుతూ ఉండిఉండాలని అమెరికను శాస్త్రవేత్త జ్యోకీ ఊహించాడు. ఆయన సుమారు 400 నక్షత్ర కూటాలను, రోజుకొకప్రాంతం చొప్పున ఫోటోగ్రాఫ్ చేస్తూ పరిశోధించాడు. రెండు నెలలపాటు కొత్తవిషయాలేమీ కనిపించలేదు, కాని 1937 ఫిబ్రవరి 16న ఒక బ్రహ్మాండమైన

పేలుడు ఫోటోలో కనబడింది. ఆ పేలుడు NGC 4157 నక్షత్రకూటంలో కలిగింది. పేలిన నక్షత్రం కాంతి, ఆనక్షత్ర కూటంలోని అన్ని వేలకోట్ల నక్షత్రాలకాంతినీమించిఉన్నది. ఆ నక్షత్రకూటం మనకు 40 లక్షల కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉన్నది గనుక ఆపేలుడు 40 లక్షల సంవత్సరాల క్రితం, అనగా భూమిపై మానవుడు అవతరించడానికి చాలా ముందే, జరిగిఉండాలి! ఇలాటి పేలుడులు ఇతర నక్షత్ర కూటాలలోకూడా గమనించబడ్డాయి.

నక్షత్రాలెందుకు పేలుతాయి? పేలుడు నక్షత్రం వెలు పలమాత్రమే జరిగి, దాని అంతర్భాగం చెక్కుచెదరకుండా ఉంటుందా? లేక నక్షత్రంయూవత్తూ పేలి ముక్కలు ముక్కలవుతుందా? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానా లింతవరకు లభించలేదు. ఈ విషయమై గమోన్, జ్వీకీ, క్రిచ్ఫీల్డ్, లాంగ్ మయర్ మొదలైన శాస్త్రవేత్తలు పరిశోధనలు జరుపుతున్నారు. వారి అభిప్రాయంలో ఈ కింది వివరణ సరి అయినది కావచ్చు:

నక్షత్రాల అంతర్భాగాలలో పరమాణు ప్రతిక్రియల ఫలితంగా ఉత్పన్నమయే అంతులేనిశక్తి ఉపరితలాన్ని చేరడానికి రెండు మార్గాలున్నాయి. ఒకటి, నక్షత్రంలోపల ఉష్ణోగ్రత చాలా హెచ్చుగనుక, వేడివాయువులు కెటి లులో మరిగే నీటిలాగా, పైకీ కిందికీ కొట్టుకుంటూ, ఉష్ణ శక్తిని బయటికి సంవాహనంచేస్తాయి. కాని దాన్ని చుట్టి

ఉండే భాగాలలో సంవాహనం (convection) ఉండదు. ఉష్ణం ఉపరితలాన్ని చేరడం వాహనం (conduction) ద్వారా జరుగుతుంది. సంవాహనం మూలాన కేంద్రంలోని హైడ్రోజను యావత్తు పూర్తిగా నిర్మూలమైపోతుంది. నక్షత్రంలో ఉండే హైడ్రోజను మొత్తంలో ఇది సుమారు 10 శాతం ఉంటుంది. వెలుపలి భాగంలో మిగిలి ఉండే 90 శాతం మార్పు చెందదు.

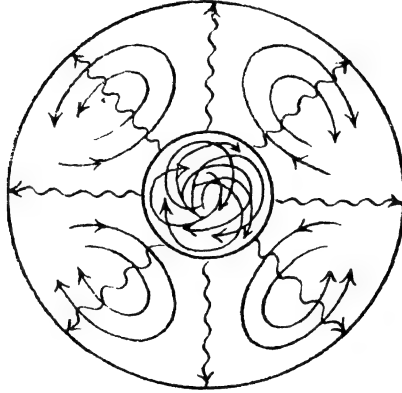


పటము 22

“మారని నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత” : నక్షత్రం లోపల ఉండే హైడ్రోజను వినియోగం కావడంచేత నక్షత్రం ఒకే ఉష్ణోగ్రత కలిగి ఉంటుంది. దానిచుట్టూ ఉండే హైడ్రోజను వ్యయంకాదు.



అయితే నక్షత్రాలు తమచుట్టూ తాము తిరుగు తూంటాయి గనుక, వెలుపలఉండే హైడ్రోజను లోపల ఉండే దానితో కలుస్తూనే ఉంటుంది. అందుచేత, నక్షత్రం లోని హైడ్రోజను పూర్తిగా వ్యయమయినదాకా అందులో పరమాణుప్రతిక్రియలు సాగుతూనే ఉంటాయి. హైడ్రోజను పూర్తిగా నిర్మూలమైనాక నక్షత్రం సంకోచంపొందనారంభిస్తుంది. దానివ్యాసం తగ్గిపోతుంది. దాని ఉపరితల కాంతి,



పటము 28

“పరిభ్రమించే నక్షత్రాలలో హైడ్రోజను వినిమయం”: హైడ్రోజను పూర్తిగా వ్యయమైపోయిన తరువాత నక్షత్రం సంకోచం పొందుతుంది. ఇలాంటి నక్షత్రాలలో బ్రహ్మాండమైన పేలుడు కలిగి నవ్యతారలు ఏర్పడవచ్చు.

ఉష్ణోగ్రత హెచ్చుతాయి; అందుచేత అది రసెల్ డయా గ్రంట్‌ని ప్రధానశ్రేణికి ఎడమవక్రంగా జరుగుతుంది.

సక్షత్రం సంకోచంపొందడంవల్ల ఏర్పడే వేడి హెచ్చుతూ పోతుంది, కనుక ఉష్ణోగ్రత ఒక పరిమితిని మించినప్పుడు దాని వికీరణ పీడనంవల్ల సక్షత్రం తాలూకు ఉపరితల వాయువు విరజిమ్మబడుతుంది. ఈవిధంగా, కేంద్రంలో హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతగల చిన్న సక్షత్రాలుండి, వాటి నావ రించిఉండే వాయుమండలం వ్యాకోచంపొందే నిదర్శనాలనేకం ఉన్నాయి. సక్షత్రం ఇంకా సంకోచంపొంది, ఉష్ణోగ్రత అనేక వేలకోట్ల డిగ్రీలందుకుంటుంది. అప్పుడు ఒక కొత్తరకం కేంద్రక ప్రతిక్రియ జరగవచ్చు. ఇంతహెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలో “న్యూట్రినో”లు పెద్ద మొత్తాలలో వెలువరించబడతాయని గమోవ్, షోస్ట్‌గెల్లు కనిపెట్టారు. “న్యూట్రినో” అనేది బరువుగాని, విద్యుదావేశంగాని లేని కణం. అందుచేత అది దేనినీ తాకకుండా చాలాదూరం పోగలదు. ఈ న్యూట్రినోలు సక్షత్రంలోని అంతర్భాగం నుంచి వేడిని తీసుకుపోవడంచేత సక్షత్రం ఒక్కసారిగా చల్లబడి, పూర్తిగా సంకోచం పొందుతుంది. ఈ ఆకస్మిక సంకోచంకారణంగా శక్తి భారీ ఎత్తున వెలువరించబడి, సక్షత్రం పేలి, అందులో హెచ్చుభాగం ధ్వంసమై పోతుంది. ఇదే “అతీత నవ్యతార”గా కనిపిస్తుందని నమ్ముతున్నాడు.

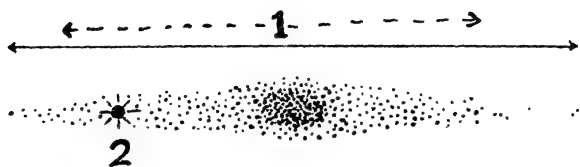
నక్షత్రంలోని వాయువులన్నీ సరిగా కలవనప్పుడేం జరుగుతుంది? అలాటి నక్షత్రాలలోపలి హైడ్రోజనంతా పూర్తిగా నిర్మూలమైనాక, వెలుపలిభాగాలలో ఉండే హైడ్రోజను ఒక పక్కనుంచి “అంటుకుని” క్రమంగా వ్యాపిస్తుంది. నక్షత్రంలోని అత్యుష్ణమండలం వ్యాసం ఒక పరిమితికి పైబడినట్లయితే, మార్పుచెందే దాని అంతర్భాగం యొక్కస్థితికి అవ్యవస్థ వర్పడుతుందని గణనంద్వారా తెలుస్తున్నది. దీనిఫలితమేమంటే, వ్యాకోచించే నక్షత్రంయొక్క వేడితోకూడిన అంతర్భాగాన్ని వినిమయంకాకుండా ఉన్న హైడ్రోజను సోకినప్పుడు మంటలపైన చల్లని పెట్రోలు దిమ్మరించినట్లవుతుంది! ఒక్కక్షణంలో పరమాణుశక్తి వెలువడి నక్షత్రం బ్రహ్మాండంగా పేలిపోతుంది. పేలుడు శక్తి ఏప్రమాణంలో ఉంటుందనేది నక్షత్రం అంతర్భాగంలో “మండే” పదార్థాల వ్యాకోచంపైన ఆధారపడి వుంటుంది. వ్యాకోచం హెచ్చుగావుంటే పేలుడుకూడా హెచ్చుగానే వుంటుంది. దీనినిగురించి ప్రపంచమంతటా ఇప్పుడు చురుకుగా పరిశోధనలు గణితరీత్యా జరుగుతున్నాయి.

## 6. నక్షత్రకూటము, విశ్వము

మేఘాలుగాని, చంద్రుడుగాని లేని నిర్మలమైనరాత్రి మనం ఆకాశాన్ని చూసినట్లయితే మిగులు మిగులు మనే నక్షత్రాలు వేలకొద్దీ కనిపిస్తాయి. అవిగాక మనకు, ఆకాశం ఈచివరనుంచి ఆచివరకు విస్తరించి మబ్బులాగా, తెల్లని చార ఒకటి కనిపిస్తుంది. ప్రాచీన గ్రీకులు దీనిని “పాల పుంత” అన్నారు. ఆకాశం ఒకపక్కనుంచి మరొకపక్కకు పాలనది ఒకటి ప్రవహిస్తున్నట్టు వారు భావనచేశారు.

ఈ పాలపుంతలో అనేకకోట్ల నక్షత్రాలున్నట్టు గలీలియో తన మొట్టమొదటి టెలిస్కోపుతో కనిపెట్టాడు. కాలక్రమాన ఇంకా మంచి టెలిస్కోపులు వచ్చినమీదట పాలపుంతలోని నక్షత్రాలసంఖ్య పెరిగింది. ఈనాడు గల శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులతో పాలపుంతలోని నక్షత్రాలలో అధికభాగం కనిపిస్తాయి. వాటి సంఖ్య సుమారు 20,000 కోట్లని అంచనా వేశారు. వీటిలో ప్రతి నక్షత్రం మన సూర్యుడులాంటి నక్షత్రమే. అవి మనకు చాలా

దూరంగా ఉండడంచేత చిన్నచిన్న చుక్కల్లాగా కనిపిస్తాయి. అవి ఒత్తుగా ఉండడంచేత చల్లినట్టు, మేఘంలాగా మనకు కనబడతాయి.



పటము 24

1. : ఒక లక్ష కాంతిసంవత్సరాలు; 2. : సూర్యుడు.

“మన నక్షత్ర కూటం” : ఇది ఉన్నతోదర కటకం ఆకారంలో ఉన్నది. దీని వ్యాసం సుమారు 1,00,000 కాంతిసంవత్సరాలు. నడిమిభాగంలో దీని మందం సుమారు 10,000 కాంతిసంవత్సరాలు. దీని కేంద్రం నుంచి 80,000 కాంతిసంవత్సరాలదూరంలో మన సౌర కూటం ఉన్నది.

సాలపుంతలో నక్షత్రాలు ఒత్తుగానూ, దాని కిరు ప్రక్కలా పలచపలచగానూ ఉన్నందున, శాస్త్రవేత్త హేరల్, నక్షత్రాలన్నీ అణచిన చక్రం ఆకారంలో ఉన్నాయనీ, మన సూర్యగోళం ఆ నక్షత్రాలలో ఒకటి అనీ ఊహించాడు. (పటం 24). ఆయన సిద్ధాంతం ప్రకారం,

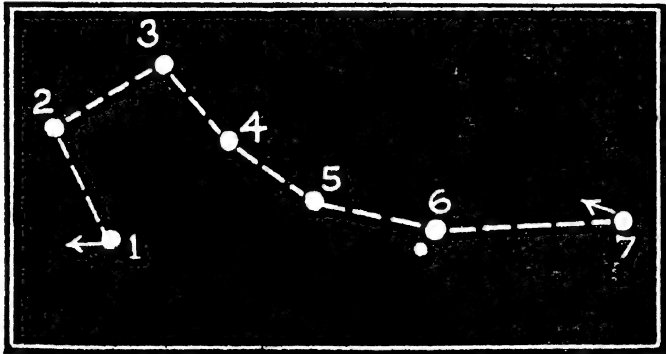
నక్షత్రాలన్నిటినీ కొంత మందంగల పల్లెలూటి సమతలంలో అమర్చి, ఆ తలంలో సూర్యుడుకూడా ఒక బిందు వనుకున్నట్టయితే, ఆ తలానికి అడ్డంగా (సమకోణంలో) చూసినట్టయితే కొద్దినక్షత్రాలే కనిపిస్తాయి; తలంవెంబడి చూసినట్టయితే నక్షత్రాలలో హెచ్చుభాగం కనిపిస్తాయి. ఆకాశంలో మనకు కనిపిస్తున్నదికూడా ఇదే. ఈనాటి సిద్ధాంతం ప్రకారం ఈ 20,000 కోట్ల నక్షత్రాలూ ఒక బ్రహ్మాండమైన ఉన్నతోదరకటకం (convex lens) ఆకారంలో అమరి ఉన్నాయి. ఈ కటకంయొక్క వ్యాసం నిడివి దాదాపు ఒక లక్ష కాంతి సంవత్సరాలు. అంటే, సెకండుకు 1,86,000 మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణించే కాంతి ఈ మహాచక్రం ఒక పక్క నుంచి రెండవ పక్కకు చేరుకోవడానికి లక్ష సంవత్సరాలు పడుతుంది! ఈ సంగతి అలావుంచి ఈచక్రం అవిచ్ఛిన్నంగా లేదనీ, ఇందులో రెండు సర్పిలాకారంగల విభాగాలుచేరి ఉన్నాయనీ మనకు తెలుసు. ఈబ్రహ్మాండమైన సర్పిలం ఒక నక్షత్రకూటం (galaxy) (ఫోటో-3). ఈ నక్షత్రకూటం నడిభాగం మందం 10,000 కాంతి సంవత్సరాలు. మన సూర్యగోళం ఈ కేంద్రానికి 30,000 కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో ఉన్నది. అది పైన చెప్పిన సర్పిల విభాగాలలో ఒక దానిలో ఉన్నది. ధనూరాశి దిక్కుగా ఉన్న నక్షత్రకూట కేంద్రంలో నక్షత్రాలు చాలా ఒత్తుగా ఉన్నాయి. కనుక అదిక్కుగా మనకు పాలపుంత ఎంతో కాంతిమంతంగా

కనిపించాలి. అయితే ఈ రాశికి మనకూ మధ్య విస్తృతమైన శీతల బాష్ప మేఘాలు అడ్డంగా ఉండి నక్షత్రకూట కేంద్రాన్ని మనకు కనబడనివ్వకుండా చేస్తున్నాయి.

చక్రాకారంగల నక్షత్రకూటం దాని కేంద్రంమీద నింపాదిగా పరిభ్రమిస్తున్నది. అది ఒక్కచుట్టు తిరగడానికి 20 కోట్ల సంవత్సరాలకన్న హెచ్చుకాలం పడుతుంది. అయితే నక్షత్రకూటం అర్ధవ్యాసం (కేంద్రంనుంచి అంచుకు గలదూరం) చాలాపెద్దది గనుక దాని అంచునగల నక్షత్రాలు చాలా వేగంతో కదులుతాయి. మన సూర్యుడూ, గ్రహాలూ కేంద్రంనుంచి 30,000 కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉండడంచేత అవి పరిభ్రమణం కారణంగా సెకండుకు 180 మైళ్ల వేగంతో కదులుతూ, 20 కోట్ల ఏళ్లలో ఒక్కచుట్టు తిరిగి వస్తాయి. గోళాకారంతో ఆరంభమైన నక్షత్రకూటం ఇలా చదును కావడానికి ఈ పరిభ్రమణమే కారణం కావచ్చు.

ప్రాచీన గ్రీకు నక్షత్రవేత్తలు కొన్ని నక్షత్రాలను “నిశ్చల తార” లనీ, వాటి మధ్యగా తిరిగే గ్రహాలకు “సంచలన తారలు” (Wanderers or Planets) అనీ నామకరణంచేశారు. అయితే ఇప్పుడు, ఈ నిశ్చలతారలన్నవి గ్రహాలకన్నకూడా హెచ్చువేగంతో కదులుతాయని తెలుస్తున్నది ! అయితే అవి అంతలేని దూరాలలోఉండడంచేత

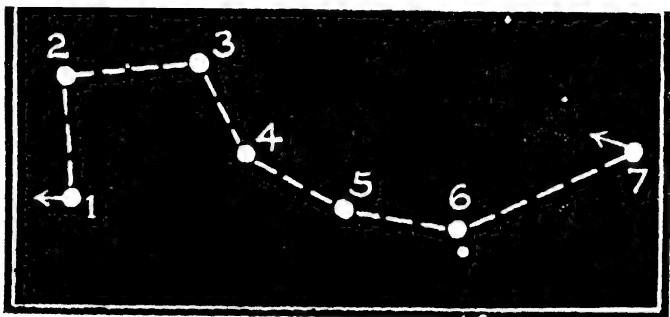
శతాబ్దాల తరబడికూడా వాటి స్థానచలనం తెలియరావడం లేదు. రాశులు మార్పులేకుండా ఉన్నట్టు కనిపిస్తాయి. అయితే అనేకసంవత్సరాల వ్యవధిలో పెద్ద తెలిస్కోపులతో ఫోటోలు తీసిచూస్తే వాటిలో కొద్దిపాటి మార్పు కనిపిస్తుంది. ఈ కొద్దిమార్పునుబట్టి, ఆ నక్షత్రాలుండే దూరాన్నిబట్టి వాటివేగాన్ని మనం గుణించవచ్చు. ఈ వేగాల ఆధారంతో, మనకు సుపరిచితమైన సప్తర్షి మండలం ఒక లక్ష సంవత్సరాలక్రితం ఎలాకనిపించినదీ, ఒక లక్ష సంవత్సరాల అనంతరం ఎలా కనిపించబోయేదీ తెలుసుకోవచ్చు. ఈ మార్పులు పటం 25 లో చూపబడ్డాయి.



పటము 25 (అ)

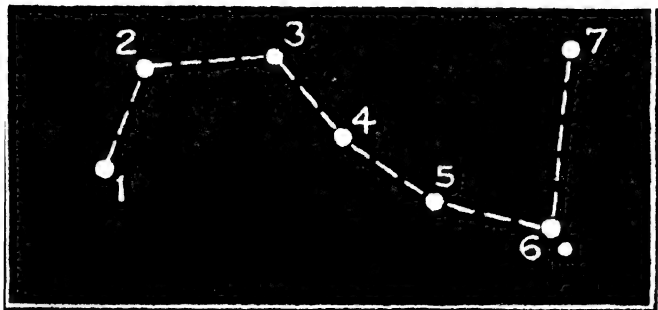
'సప్తర్షి మండలం' : లక్షయేళ్ల క్రితం





పటము 25 (అ)

“సప్తరి మండలం” : ఇప్పుడు



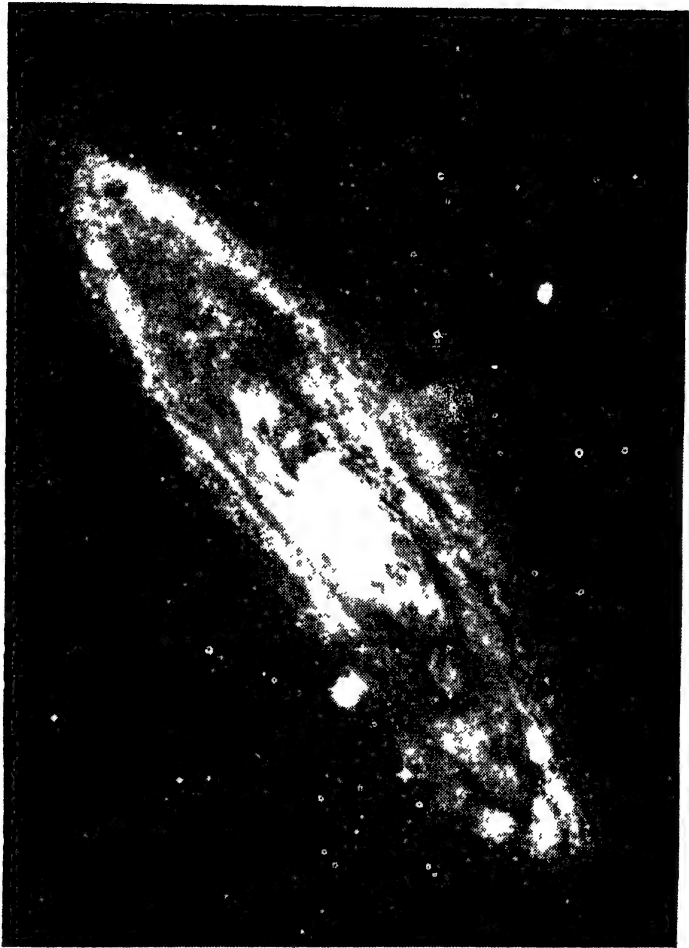
పటము 25 (ఇ)

“సప్తరి మండలం” ; లక్షయేళ్ల అనంతరం

ఈ ఏడు నక్షత్రాలలోనూ 1, 7 సంఖ్యలుగలవి  
భిన్న దిక్కులలో, భిన్న వేగాలతో కదులుతున్నాయి.

ఫోటో - V.  
మూడుబండాల నెబులా  
ధనురాశిలో.





ఫోటో - VI. ఆంధ్రమీశలోని బ్రహ్మాండమైన నేబులా: ఇది వాస్తవంగా నేబులా కాదు— గర్విల నక్షత్రకూటం; 20 లక్షల కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉన్నది. మనకు అత్యంతసన్నిహితంగా ఉన్న నక్షత్రకూటం ఇదే.



ఫోటో . VII. వెలుపలి నక్షత్రకూటం-  
పక్కవాటంలో.



మిగిలిన అయిదు ఒకే దిక్కుగా, ఒకే వేగంతో కదులుతున్నాయి. ఈ నక్షత్రాలమధ్యగల దూరం కూడా చాలా తక్కువని మనకు తెలుసు. అందుచేత, రెండు మొదలు ఆరు సంఖ్యదాకా గల నక్షత్రాలు నిజంగా ఒక కూటంలోనివని చెప్పాలి.

**బాహ్య నక్షత్ర కూటాలు**

గత శతాబ్దంలో ఆకాశాన్ని టెలిస్కోపుతో పరిశీలించినప్పుడు, అనేక వేల కోట్ల చుక్కలమధ్య అస్పృతమైన చిన్న చిన్న పింజెలలాటివి కనిపించాయి. కొన్ని పొగతెరలలాగానూ, మరికొన్ని గుండ్రని మసక మరకలలాగానూ కనిపించాయి. ఇవి టెలిస్కోపులో చూసినా స్పృటంగా లేకపోవడంచేత వీటికి “నెబులా” (మబ్బు) అనే పేరు వచ్చింది. పెద్దపెద్ద టెలిస్కోపులు ఉపయోగంలోకివచ్చాక, ఈ మబ్బులలాటి “నెబులాలు” నక్షత్రాలమధ్య వ్యాపించి ఉన్న వాయువులనీ, నక్షత్రకాంతిలో అవి మబ్బులలాగా కనిపిస్తున్నాయనీ స్పష్టమయింది. “ఒరయన్” రాశిలోని పెద్ద “నెబులా”, (ఫోటో 4) ధనూరాశిలోని త్రిఖండి నెబులా (ఫోటో 5) ఈ తరగతికి చెందినవి. అయితే వేల సంఖ్యలో ఉండిన మిగిలిన గుండ్రని నెబులాలు ఎలాటివో తెలియరాలేదు, వాటి దూరాలుకూడా తెలియలేదు.

1918 లో, అమెరికాలోని మాంట్‌విల్సన్ కొండపై 100 అంగుళాల పెద్ద తెలిస్కాపు ఏర్పాటైనాక, అనేక కొత్తవిషయాలతోబాటు ఈ గుండ్రని నెబులాల రహస్యం కూడా బయటపడింది. “అంద్రామిడా” రాశిలోని గుండ్రని నెబులా తెలిస్కాపు సాయంత్రేకుండానే కనిపిస్తుంది. 1920 లో ఎడ్విన్ హబుల్ 100 అంగుళాల తెలిస్కాపుతో ఈ నెబులాను పరిశీలించగా అది ఒకబ్రహ్మాండమైన సర్పిల చక్రమనీ, దానినిండా అసంఖ్యాకమైన చుక్కలున్నాయనీ తెలియపర్చింది (ఫోటో 6). అందులో సిఫేడ్ వేరియబుల్స్‌లాటి మారేనక్షత్రాలు (122 వ పేజీ చూడండి) కానవచ్చాయి.

122-125 పేజీలలో వివరించిన విధంగా మారే నక్షత్రాల ఆవర్తనకాలాన్ని బట్టి నెబులా ఉండే దూరాన్ని అంచనాకట్టగా అది కనీసం 9 లక్షల కాంతి సంవత్సరాల దూరానఉన్నట్టు తేలింది. అనగా అది ఉండే దూరం మన నక్షత్రకూటంయొక్క వ్యాసానికి 9 రెట్లు. ఈనాటి లెక్కల ప్రకారం ఈ నెబులా 20 లక్షల కాంతిసంవత్సరాలదూరాన ఉన్నది. ఈ నెబులాయొక్క వ్యాసం నిడివి ఇంచుమించు మననక్షత్రకూటంయొక్క వ్యాసం నిడివికి సమానం. కనుక ఈ సర్పిలాకారంగల నెబులా ఒక సర్పిల నక్షత్రకూటమనీ, అందులో అనేక వేలకోట్ల నక్షత్రాలుంటాయనీ స్పష్టమవుతున్నది.

ఫోటో 6 లో, ఈ నెబులా కేంద్రం విడిగా చూడడం సాధ్యంగాని కోట్ల నక్షత్రాల గుంపులాగా కనిపిస్తున్నది. దీనిచుట్టూ సర్పిలాంగాలున్నాయి. ఈ అంగాలలో అసంఖ్యాకమైన నక్షత్రాలున్నాయి. (ఫోటోలో కనిపించే చుక్కలు మననక్షత్రకూటానికి చెందినవి.) ఈ నక్షత్రకూటం కొద్ది వాలులోమాత్రమే మనకు కనిపించడం చేత నాని సర్పిలాంగాలు పూర్తిగా మనకు కనిపించడం లేదు.

పెద్ద టెలిస్కోపులలో చూస్తే ఇలాటి నక్షత్రకూటాలు కోట్లసంఖ్యలో మనకు కనిపిస్తాయి. వీటిలో అనేకవాటి సమతలం మనకు సమకోణంలో ఉండడంచేత సర్పిలాకారాలు స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి. ఇది ఫోటో 3 లో బాగా తెలుస్తుంది. కొన్ని నక్షత్రకూటాలు మనకు పక్కవాటంగా ఉండడంచేత అవి సమరేఖలాగా కనబడతాయి. “కోమా బెర్ని సెస్” రాశిలో ఇలా పక్కవాటంలో ఉన్న నక్షత్రకూటం ఫోటో 7 లో స్పష్టంగా కనిపిస్తుంది. ప్రపంచంలో కెల్లా పెద్దదైన 200 అంగుళాల టెలిస్కోపుతో 200 కోట్లకాంతి సంవత్సరాల దూరం చూడవచ్చు. మనం ఏవైపుగా చూసినా, కనిపించినంతమేర ఒకే విధమైన నక్షత్రకూటాలు అసంఖ్యాకంగా కనిపిస్తాయి. ఆకాశంయొక్క వివిధ భాగాలను ఫోటోగ్రాఫ్ చేస్తే ఆఫోటోలలో ఈ నక్షత్రకూటాలు కనిపిస్తాయి. 17 అంగుళాల నిడివీ, 14 అంగుళాల వెడల్పూ



గల ఫాటోలో ఒక్కొక్కప్పుడు 2,000 చిల్లర నక్షత్ర కూటాలను లెక్కించవచ్చు ! ఈ విధంగా అంచనాకట్టగా అన్నివైపులాగల నక్షత్రకూటాల సంఖ్య సుమారు 500 లక్షల కోట్లని తేలింది ! ఈ అన్ని నక్షత్రకూటాలతోనూ కూడిన ఆకాశమే విశ్వం.

విశ్వం యొక్క వ్యాసాన్ని అంచనాకట్టడం సాధ్యం కాదు. మాంట్ పాలోమార్ మీది (200 అంగుళాల) టెలి స్కోపుతో 200 కోట్ల కాంతి సంవత్సరాల దూరమే చూడ గలం. కాని అంతకన్న శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపు నిర్మాణ మైనట్టయితే ఇంకా హెచ్చుదూరం చూడవచ్చు. విశ్వపు కొలతలుకూడా పెరుగుతాయి.

వ్యాకోచించే విశ్వం

విశ్వం ఇంతపెద్దదై ఉండికూడా, అది అతివేగంగా అన్నివైపులా పెరిగిపోతుండడం ఆశ్చర్యకరం. దాదాపు 35 ఏళ్లక్రితం అమెరికను శాస్త్రవేత్త ఎడ్విన్ హబుల్ తన నక్షత్రపరిశోధనలలో విశ్వాన్ని గురించి ఒక కొత్తవిషయం కనిపెట్టాడు. టెలిస్కోపుకు స్పెక్ట్రోస్కోపు ఒకటి జతచేసి దూరానగల నక్షత్రకూటాల వర్ణమాలలను ఫోటోగ్రాఫ్ చేయ్య గా, ఆనక్షత్రకూటాలన్నీ భూమినుంచి అతివేగంగా దూరమై పోతున్నట్టు బయటపడింది. దగ్గరలో ఉండే నక్షత్రకూటాల వేగం తక్కువ, వాటిదూరం హెచ్చినకొద్దీ అవి నిర్లమించే

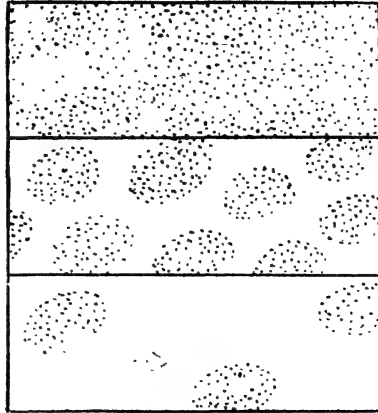
వేగంకూడా హెచ్చుతుంది. భూమికి మరీదూరంగా ఉన్న కొన్ని నక్షత్రకూటాలు సెకండుకు 60,000 మైళ్ల వేగంతో వెళ్లిపోతున్నాయి.

బ్రహ్మాండమైన ఈ నక్షత్రకూటాలు సముద్రంలో నీటిబొట్టులాటి మన భూమినిచూసి భయపడినట్టుగా ఎందుకీలా పారిపోతున్నాయి?

నిజానికి అవి మనభూమినుంచి పారిపోవడంలేదు, వాటిలో ప్రతికూటం మిగిలినవాటినుంచి ఎడంగాపోతున్నది. ఒక బెల్జియన్ శాస్త్రజ్ఞుని, దానిపైభాగాన సిరాతో చాలా చుక్కలుపెట్టి, దానిలోకి గాలి ఉండి, ఏమిజరిగేదీ గమనించండి. బెల్జియన్ పెద్దదైనకొద్దీ చుక్కలమధ్యదూరం హెచ్చుతుంది. ప్రతి బిందువూ మిగిలిన చుక్కలనుంచి ఎడంగాపోతుంది. ఆచుక్కలలో ఒకదానిపై మనం ఉండి చూడగలిగినట్లయితే మిగిలినచుక్కలన్నీ మననుంచి దూరంగా పరిగెత్తిపోతున్నట్టు కనిపిస్తుంది. హెచ్చుదూరాన ఉన్న చుక్కలు హెచ్చువేగంతో పారిపోతుంటాయి.

హబుల్ కనిపెట్టిన విషయానికి ఆధారకారణమేదో ఈ ఉదాహరణనుబట్టి మనం తెలుసుకోవచ్చు. అనేక వందల కోట్ల నక్షత్రకూటాలతోకూడిన ఆకాశం (space) బెల్జియన్లలాగా వ్యాకోచిస్తున్నది. వ్యాకోచించే ఆకాశంతో బాటు నక్షత్రకూటాలు, బెల్జియన్లలాగా చుక్కలలాగా, ఈడ్వబడుతున్నాయి.

అలాటి పరిస్థితిలో, సుమారు 900 కోట్ల సంవత్సరాల అనంతరం, ఇప్పుడు నక్షత్రకూటాలమధ్య ఉన్న ఎడం రెట్టింపు కావలిసిందేగదా? అదే విధంగా 900 కోట్ల-వల్లక్రితం ఈనక్షత్రకూటాలూ, వాటిలోని నక్షత్రాలూ కలిసి ఉండి ఉండాలి. నక్షత్రకూటాల వివక్షతలేకుండా అన్ని నక్షత్రాలూ చాలా ఒత్తుగా ఒకే అండంగా ఉండి ఉండాలి. ఆకాశం వ్యాకోచించనారంభించినప్పుడు ఈ నక్షత్రాండం పగిలి వేరువేరు ఖండాలుగా ఏర్పడి, ఆకాశంతోబాటు అవి కూడా అన్నివైపులకూ కదలనారంభించాయి. ఈ ఖండాలే నక్షత్రకూటాలు.



పటము 26

“వ్యాకోచించే ఆకాశంలో నక్షత్రకూటాల సృష్టిక్రమం”

ఇలా చీలిపోయిన నక్షత్రకూటాలు వ్యాకోచించే విశ్వం వెంట కదిలిపోతూ, ఒకదానికొకటి ధూరమై పోతున్నాయి. నక్షత్రకూటాలు వ్యాకోచించడంలేదు. వాటి ప్రమాణం ఒకేవిధంగా ఉంటున్నది, లేదా కొద్దిగా తగ్గుతున్నది. వాటిమధ్యగల దూరమే పెరుగుతున్నది.

నక్షత్రకూటాల మధ్య ఎడం జాస్తికాకపూర్వం వాటి మధ్య ఉండిన గురుత్వాకర్షణఫలితంగా వాటికి పరిభ్రమణం కలిగి ఉండాలి. ఈ గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగానే వాటినుంచి నక్షత్రపుంజాలతోగూడిన శాఖలు వెలువడి ఉండాలి. నక్షత్రకూటాలు సంకోచం పొందినకొద్దీ వాటి పరిభ్రమణవేగం హెచ్చుతుంది. వాటినుంచి వెలువడిన శాఖలు నక్షత్రకూటాలను చుట్టివేసి ఈ నాడు మనంచూసే సర్పిలాంగాలు (spiral arms) గా ఏర్పడ్డవని ఊహిస్తున్నారు.

ఆరంభంలో....

మన విశ్వంయొక్క సృష్టికి సంబంధించి ఇంతవరకు చెప్పకున్న ప్రధానవిషయాలను ఈ విధంగా సంక్షేపించవచ్చు. ఆరంభదశలో, అనగా నక్షత్రకూటాలుగాని, నక్షత్రాలుగాని ఏర్పడకపూర్వం, ఈనాడు మనం చూసే విశ్వం చాలా చిన్నప్రమాణంగలదై ఉండాలి. చిన్నదంటే కొద్దికాంతి సంవత్సరాల వ్యాసంగల దేన్నమాట! ఇంత కొద్ది

మేరలో విశ్వంయొక్క ద్రవ్యమంతా గూడుకట్టి ఉన్నందున దాని సాంద్రత, ఉష్ణోగ్రత ఇప్పటికన్న అనేకకోట్ల రెట్లు ఉండి ఉంటుంది.

దాదాపు 900కోట్ల ఏళ్లక్రితం, అత్యంతసాంద్రమూ, ఉష్ణాధిక్యపూరితమూ అయిన ఈ “ఆది పరమాణువు” ఆకస్మికంగా వ్యాకోచంపొందనారంభించింది. (ఎందుకు వ్యాకోచించనారంభించిందంటే...ఎవరుచెబుతారు?) వ్యాకోచం కారణంగా దానిసాంద్రత, ఉష్ణోగ్రత తగ్గసాగాయి. శాస్త్రవేత్త గమోవ్ అంచనాప్రకారం విశ్వం వ్యాకోచించనారంభించిన గంటకల్లా దాని ఉష్ణోగ్రత 25 కోట్ల డిగ్రీలయింది. 2 లక్షల ఏళ్లకు 6,000 డిగ్రీలూ, 25 కోట్ల ఏళ్లకు - 100 డిగ్రీలూ అయింది. విశ్వం వ్యాకోచంపొందనారంభించిన అరగంటకల్లా మూలకపదార్థాలు ఏర్పడి ఉంటాయి. అటు తరువాత పరమాణు ప్రతిక్రియలద్వారా ఇంకా భారమైన మూలకాలు ఏర్పడడానికి అవసరమైన ఉష్ణోగ్రత ఉండి ఉండదు.

వ్యాకోచంపొందే విశ్వంలోని ద్రవ్యం అనేక పెద్ద ఖండాలుగా చీలిపోయింది. కాలక్రమాన ఆ ఖండాలే నక్షత్రకూటాలయ్యాయి. ఈ నక్షత్రకూటాలు తమలో వేరు వేరు ప్రాంతాలమధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ బలంచేత సంకోచంపొందసాగాయి. ఈ సంకోచం అవిచ్ఛిన్నంగా

సాగిపోకుండా, రెండు అంశాలు అడ్డు తగిలాయి. ఒకటి, నక్షత్రకూటాలలోని కొన్ని భాగాలలోగల పథార్థ మరింత ఎక్కువగా సంకోచంపొంది, వాటి సాంద్రత, ఉష్ణోగ్రత హెచ్చడం జరిగింది. ఇవే నక్షత్రాలు. ఈ కారణంచేత నక్షత్రకూటం ఒకపరిమితిని మించి సంకోచం పొందడం సాధ్యంకాలేదు. రెండవ అంశమేమంటే, నక్షత్రకూటం సంకోచంపొందినకొద్దీ దాని పరిభ్రమణవేగం హెచ్చుతుంది. పరిభ్రమించే ప్రతివస్తువులోనూ కేంద్రంనుంచి ఉపరితలాని కేసి ఒక శక్తి ప్రయోగమవుతుందని మనకు తెలుసు. (ఒక చెంబునిండా నీరుపోసి, దానికి తాడుకట్టి వేగంగాతిప్పి నట్టయితే చెంబు తలకిందులుగా ఉన్నప్పుడుకూడా దాని లోని నీరు కిందపడదు. కేంద్రపరాఙ్ముఖశక్తి భూమియొక్క ఆకర్షణశక్తిని రద్దుచేస్తుంది.) ఆకారణంచేత, పరిభ్రమణ వేగం ఒకపరిమితిని మించినప్పుడు గురుత్వాకర్షణశక్తి కంటే కేంద్ర పరాఙ్ముఖశక్తి ఎక్కువై, నక్షత్రకూటం సంకోచం పొందడం నిలిచిపోయింది. అయితే పరిభ్రమణం జరిగే తలానికి అడ్డంగా (లంబ కోణంలో) కేంద్ర పరాఙ్ముఖశక్తి ఏమీ ఉండదు గనుక అటుగా నక్షత్రకూటం సంకోచం పొందడం ఆగదు. ఇందుచేతనే నక్షత్రకూటాలు చదును చేసిన సర్పిలాకారాలు (spirals) కలిగిఉన్నాయి.

విశ్వం ఆగకుండా వ్యాకోపంపొందుతున్నది గనుక నక్షత్రకూటాలమధ్యగల ఎడం పెరుగుతూపోతున్నది. ప్రతి

నక్షత్రకూటంలోనూ పదార్థం కూడుకుని నక్షత్రాలేర్పడ్డాయి. నక్షత్రాలు సంకోచంపొందడంచేత వాటి అంతర్భాగాలలోని ఉష్ణోగ్రత పెరిగింది. ఒకదాని వెనుక మరొకటిగా పరమాణు ప్రతిక్రియలు జరిగాయి. అంతు లేని శక్తి వెలువరించబడింది. ఈ విషయాలనుగురించి లోగడ తెలుసుకున్నాం.

### నిరంతర సృష్టి

ఇంతకుముందు చెప్పినట్లుగా, మన విశ్వం 900 కోట్ల సంవత్సరాలక్రితం సృష్టి అయిందనీ, తరువాత ఏకారణం చేతనో అది వ్యాకోచంపొందనారంభించిందనీ, ఆకారణంగా విశ్వంలోని పదార్థమంతా నక్షత్రకూటాలుగా విభజన పొందిందనీ, అవి ఒక దాన్నుంచి మరొకటి దూరమైపోతున్నాయనీ భావించబడుతున్నది. ఈ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించినవారు అమెరికను శాస్త్రవేత్త గమోవ్, యూరోపియను శాస్త్రవేత్త లిమేటర్ మొదలైనవారు. 20 ఏళ్ల క్రితం హాయిల్, లిటిల్జన్, బోండ్ మొదలైన బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్తలు దీనికి బొత్తిగా సంబంధంలేని మరొక సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించారు. గతపదేళ్ల కాలంలో అనేకమంది శాస్త్రవేత్తలలో ఈ సిద్ధాంతానికి ఆదరణ హెచ్చింది. దీనికి “నిరంతర సృష్టిసిద్ధాంతం” (theory of continuous creation) అని పేరు.

హాయిల్, లిటిల్స్ ప్రభుత్వ సద్ధాంతప్రకారం విశ్వానికి మొదలగా, తుదీ లేవు. అది నిరంతరమూ సృష్టి అవుతూనే ఉన్నది. అపారమైన ఆకాశంలో హైడ్రోజను పరమాణువులు అనవరతం సృష్టి అవుతున్నాయి. గురుత్వాకర్షణవల్ల అవికూడుకుని నక్షత్రాలవుతున్నాయి. వేలకోట్ల నక్షత్రాలు కూడుకుని నక్షత్రకూటాలేర్పడుతున్నాయి. ఆకాశం వ్యాకోచంపొందినకారణంగా నక్షత్రకూటాలు ఒకదానినుంచి ఒకటి దూరంగా పారిపోతున్నాయని మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. అవి ఖాళీచేసిన జాగాలలో కొత్త నక్షత్రకూటాలు సృష్టి అయి, ఆ జాగాలను నింపుతున్నాయి.

అందుచేత, గమోవ్ సద్ధాంతప్రకారం నక్షత్రకూటాలమధ్య ఉండే ఎడం క్రమంగా పెరుగుతూపోతుంది, ఆకాశం అంతకంతకూ శూన్యమవుతుంది, అనగా ఒక ఘన పరిమాణంగల ఆకాశంలో ఉండే నక్షత్రకూటాల సంఖ్య తరిగిపోతుంది. ఇంకోనూరుకోట్ల సంవత్సరాలకు మన సమీపంలో ఉన్న నక్షత్రకూటాలు ఇంకా దూరంగా వెళ్లిపోతాయి. ఆకాశంలో మనం బొత్తిగా ఒంటరిగా ఉండిపోతాం. అదే విధంగా, నూరుకోట్ల ఏళ్లక్రితం నక్షత్రకూటాలింకా దగ్గరగా ఉండేవి.

కాని హాయిల్ ప్రభుత్వ సద్ధాంతప్రకారం విశ్వమంతటా అన్నికాలాలలోనూ నక్షత్రకూటాల సాంద్రత ఇంచుమించు ఒకటిగానే ఉంటున్నది. నక్షత్రకూటాలు



ఒకదానినుంచి మరొకటి ఎడంగా పారిపోతున్నప్పటికీ, కొత్తనక్షత్రకూటాలు సృష్టి అవుతూ ఉండటంవల్ల ఆకాశంలో వాటి సాంద్రత తగ్గదు. విశ్వం ఈ నా డేలా కనిపిస్తున్నదో, నూరుకోట్ల ఏళ్లక్రితం అలాగే కనిపించింది; నూరుకోట్ల ఏళ్ల అనంతరంకూడా అలాగేకనిపిస్తుంది. నక్షత్రకూటాలమధ్య ఉండే దూరాలు మారవు. పట్టణంలో వృద్ధులూ, యువకులూ, కుర్రవాళ్లూ, పసివాళ్లూ ఉన్నట్టుగానే, ఆకాశం ఏప్రాంతంలోచూసినా వృద్ధనక్షత్రకూటాలూ, యువనక్షత్రకూటాలూ పక్కపక్కనే కనిపిస్తాయి. కాని గమోవ్ సిద్ధాంతంప్రకారం ఇది అసంభవం. అన్ని నక్షత్రకూటాలు ఒకేవయస్సుగలిగి ఉండాలి. ఎందుకంటే, అన్ని ఒకేసారి (సుమారు 900 కోట్లక్రితం) సృష్టి అయ్యాయి.

ఈ రెండు సిద్ధాంతాలలో ఏది సరిఅయినదో తెలుసుకోడానికి ప్రపంచమంతటాగల అనేక అబ్జర్వేటరీలలో చురుకుగా పరిశోధనలు సాగుతున్నాయి. కొద్ది సంవత్సరాల కాలంలో ఈ సమస్య పరిష్కారంకావచ్చుననుకుంటున్నారు. అయితే, ఈ రెండు సిద్ధాంతాలలో ఏదో ఒకటి సరి అయినదని బల్లగుద్ది చెప్పడానికికూడా లేదు. విశ్వంలో మనం అనేక వందలకోట్ల నక్షత్రకూటాలను చూస్తున్నాం. ప్రతి నక్షత్రకూటంలోనూ కొన్ని వేలకోట్ల సూర్యగోళాలున్నాయి. ఇవన్నీకూడా మనకు తెలియని, తెలియడం సాధ్యంకాని,

విధానాల ననుసరించి ఉత్పత్తిఅయి ఉండవచ్చు. శాస్త్ర వేత్తలకిది తెలియకపోలేదు. కాని వారు వివరణయోగ్యమైనసిద్ధాంతాలను మాత్రమే ప్రతిపాదించగలుగుతాయి.

## గ్రహాల ఉత్పత్తి

మన సౌరకూటంలో గ్రహాలేలా ఉత్పత్తి అయ్యాయి?

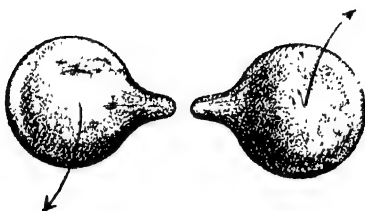
ఈ ప్రశ్నకు సరిఅయిన సమాధానం ఇప్పటి కింకా తెలియదు. అంతరిక్షంలోకి ప్రయోగించిన కృత్రిమ ఉపగ్రహాలూ, సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగేలాగు ప్రయోగించే కృత్రిమగ్రహాలూ బయటపెట్టే విషయాలద్వారా ఈ రహస్యం తెలియరావచ్చు. గత 160 ఏళ్లకాలంలో మన సౌరకూటంయొక్క ఉత్పత్తిని గురించి ఎన్నో సిద్ధాంతాలు నెలువడ్డాయి. 18 వ శతాబ్ది అంతంలోనూ, 19 వ శతాబ్ది ఆరంభంలోనూ, ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త లాప్లాస్ “నెబులా సిద్ధాంతం” (nebular hypothesis) ప్రతిపాదించి, దాని ద్వారా సౌరకూటంయొక్క ఉత్పత్తిని వివరించాడు. ఈ సిద్ధాంతం సరిఅయినదిగా దాదాపు సూరేళ్ల పాటు చలామణీ అయింది. ఈ సిద్ధాంతంప్రకారం ఆదిలో సూర్యుడు ఒక పెద్ద నెబులా (మేఘం) లాగా ఉండి అతి పలచని వాయువులతో కూడి ఉండేది. వెయ్యికోట్లమైళ్ల వ్యాసంగల ఈ నెబులా నింపాదిగా తనచుట్టూ తాను తిరిగేది. ఈ

వాయుగోళం తాలూకు వివిధప్రాంతాలమధ్యగల గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా గోళం సంకోచంపొందసాగింది. గోళం యొక్క ప్రమాణం తగ్గినకొద్దీ దాని పరిభ్రమణవేగం హెచ్చాలి. పరిభ్రమణవేగం హెచ్చినకొద్దీ గోళం పై అంచు నుంచి వాయువులు వేరుపడి, వలయంలాగా గోళం చుట్టూ తిరగసాగాయి. గోళం సంకోచం పొందుతున్నకొద్దీ అప్పటప్పటా కొత్తవాయు వలయా లేర్పడ్డాయి. చిట్టచివరకు మిగిలిన వాయుగోళం సూర్యుడయింది. వాయువలయాలు కుంచించుకుని, గ్రహాలుగా రూపొందాయి. ఇదే లప్లాస్ ప్రతిపాదించిన నెబులా సిద్ధాంతం.

సౌరకూటం గురించి మనకు తెలిసిన అనేకవిషయాలను ఈ సిద్ధాంతం వివరించింది. అన్ని గ్రహాల కక్ష్యలూ ఒకే సమతలంలో ఉన్నాయి. సూర్యుడికి దూరంగా ఉన్న గ్రహాలు నింపాదిగానూ, దగ్గరగాఉన్న గ్రహాలు వేగంగానూ సూర్యుణ్ణి చుట్టి వస్తున్నాయి. అయితే, సౌరకూటం ఇలా ఉత్పత్తి అయి ఉండడం సాధ్యంకాదని గత శతాబ్ది అంతంలో క్లార్క్ మాక్స్ వెల్ గణితరీత్యా రుజువు చేశాడు. సూర్యుడి నుంచి వేరుపడిన వాయువలయాలు శని యొక్క వలయాలలాగా సూర్యుడిచుట్టూ పరిభ్రమించ వలసినదేగాని, అవికూడుకుని గ్రహాలుగా ఏర్పడడం సాధ్యం కాదు. అది అలాఉంచి, సౌరకూటం మొత్తం బరువులో నూటికి 99.9 వంతులు సూర్యుడిలోనూ, మిగతా 0.1

- వంతు గ్రహాలలోనూ ఉన్నది. అయితే సౌరకూటంయొక్క వర్తులద్రవ్యవేగం (angular momentum) లో సూటికి 98 వంతులు గ్రహాలలోనూ, సూటికి 2 వంతులుమాత్రమే
- సూర్యుడిలోనూ కనిపిస్తున్నది. ఈ ప్రమాణంగల వర్తుల వేగంతో తోసివేయబడిన వాయువులు ఎన్నటికీ ఏకమై గ్రహాలుకాలేవనీ, అవి సూక్ష్మమైన నలుసులుగామాత్రమే పరిభ్రమిస్తూ ఉండాలనీ ఆయన చూపాడు.

20 వ శతాబ్ది ఆరంభంలో, చేంబర్లెన్, మోల్టన్ అనే ఇద్దరు అమెరికను శాస్త్రవేత్తలు మరొక సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించారు. 1916 లో జేమ్స్ జీన్స్ అనే బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త ఈసిద్ధాంతాన్నే కొద్దిగా సంస్కరించి విపులీకరించాడు. ఈ సిద్ధాంతంప్రకారం ఒకప్పుడు ఆకాశంలోని నక్షత్రం ఒకటి మనసూర్యుడికి చేరువగావచ్చింది. అవి రెండూ సూటిగా డికొనకపోయినప్పటికీ, అవి ఒకదాని కొకటి చాలా దగ్గరగావచ్చి తిరిగి దూరమైపోయాయి. అవి చేరువగా వచ్చినప్పుడు వాటిమధ్య గల గురుత్వాకర్షణచేత సూర్యుడిలోనుంచి ద్రవ్యం పెద్ద ఎత్తున చుట్ట ఆకారంలో వెలువడి ఉంటుంది. (రెండవ నక్షత్రంనుంచి కూడా ఇలాగే పదార్థం వెలువడి ఉండాలి.) ఇలా వెలువడిన పదార్థమంతా తునిగిపోయి, సంకోచంపొంది గ్రహాలుగా ఏర్పడింది. సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణబలంచేత అవి సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.



పటము 27

గ్రహాలు ఉత్పత్తి అయిన విధం

జీన్స్ ప్రతిపాదించిన ఈ సిద్ధాంతం 20 ఏళ్ల పాటు అంతా అంగీకరించారు. కాని 1935 లో, అమెరికను శాస్త్రవేత్త రసెల్ సౌరకూటంలోని గ్రహాలిలా. ఉత్పత్తి అయిఉండడం అసంభవమని రుజువుచేశాడు. సూర్యుడిలో నుంచి ఇంత పదార్థం వెలువడాలంటే రెండవ నక్షత్రం సూర్యుడికి చాలా చేరువగా వచ్చిఉండాలి. అది అంత చేరువగా వచ్చిఉండిన పక్షంలో గ్రహాలు సూర్యుడికింకా సమీపంగా తిరుగుతూ ఉండాలి. అంటే, వాటి దూరాలు ఇప్పుడున్న దానిలో వెయ్యోవంతు మాత్రమే ఉండాలి.

కనుక, గ్రహాల ఉత్పత్తిని గురించి తృప్తికరమైన సిద్ధాంతం ఇప్పటికింకా వెలువడలేదు. ప్రస్తుతానికి ఫ్రెడ్ హిప్పెల్ ప్రతిపాదించిన “ధూళి మేఘ సిద్ధాంతం” (Dust Cloud Hypothesis) సరి అయిన

దనిపిస్తున్నది. ఇది కొద్ది మార్పులతో లస్లాస్ సిద్ధాంతంపై ఆధారపడినది.

సూర్యుడు పెద్ద వాయుగోళంగా సంకోచం పొందేటప్పుడు ఆకాశంనిండా పుష్కలంగా వాయు పరమాణువులూ, ధూళి నలుసులూ ఉండినాయి. ఇది నక్షత్రకాంతి పీడనంవల్ల తోయబడి, ఒకదానితో ఒకటి చేరుకుని గోళాలుగా ఏర్పడ్డాయి. ఈగోళాలప్రమాణం ఒక పరిమితికిమించి పెరిగినమీదట తమచుట్టూఉండే ధూళి నలుసులను గురుత్వాకర్షణచేత ఆకర్షించి వేగంగా పెద్ద వయాయి. ఇవి సూర్యగోళం గురుత్వాకర్షణవల్ల దానిచుట్టూ తిరుగుతూ, ఒక దాని కొకటి కొట్టుకుని పగిలి, తీరిగి చేరుకుని, చిట్టచివరకు మన మీనాడు చూసే గ్రహాలుగానూ, అల్పగ్రహాలుగానూ రూపొందాయి.

ఇప్పటికీ ఆకాశంనిండా ధూళి నలుసులున్నాయి. అంతరిక్షంలోకి పంపబడిన కృత్రిమ ఉపగ్రహాలు ఈనలుసుల తాకుడునుగురించిన వివరాలు భూమికి అందించాయి. అయితే ఈనలుసులు వాతావరణాన్ని దాటి భూమినిచేరుకోలేవు. అవి గాలియొక్క సంఘర్షణకు వేడెక్కి కాలిపోతాయి. దారితప్పి భూమిని చేరగలిగేవి భూమియొక్క బరువును బహుకొద్దిగా మాత్రమే పెంచగలవు.

ఇంగ్లీషుశాస్త్రవేత్త హయిల్ కొద్ది సంవత్సరాల క్రితం మరొక సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు. ఈ సిద్ధాంతం

ప్రకారం ఒకప్పుడు మనసూర్యుడూ, మగొకనక్షత్రమూ జంటనక్షత్రాలుగా ఒకదానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతూండేవి. ఆకాశంలో అలాంటి జంటనక్షత్రాలు కోట్లకొద్దీ ఉన్నట్టు లోగడ తెలుసుకుని ఉన్నాం. సుమారు 400 కోట్ల ఏళ్లక్రితం సూర్యుడి జంట అయిన నక్షత్రం అతీత నవ్యతారలాగా బ్రహ్మాండమైన పేలుడుకు గురి అయింది. (137 వ పేజీలో చూడండి.) అది ముక్కలు ముక్కలుకాగా, కొన్ని ముక్కలను సూర్యగోళం ఆకర్షించింది, అవి గ్రహాలలాగా దాని చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.

దీనిని సమర్థిస్తూ హాయిల్ చెప్పిన దేమంటే, సూర్యుడిలో హెచ్చుభాగం హైడ్రోజను పరమాణువులే, కాని గ్రహాలలో హెచ్చుభాగం భారీ అయిన మూలకాలు గలవి. ఇది ఎలా సాధ్యమయింది? మన సూర్యుడి జంట అయిన నక్షత్రం తనలో హైడ్రోజను యావత్తు త్వరగా వినియోగపరచుకుని, హీలియంగా మార్చుకొని, తరువాత ఆ హీలియమునుకూడా భారీమూలకాలకింద మార్చుకున్నది. ఆ తరువాతనే అది సంకోచంపొంది పేలిపోయి ఉండాలి. కనుకనే దాని ఖండాలలో భారీమూలకాలు పుష్కలంగా ఉన్నాయి. గ్రహాలలో భారీమూలకాలుండడాన్ని మరొక విధంగా వివరించడం సాధ్యంకాదంటాడు హాయిల్.

మన సౌరకూటపు గ్రహాల ఉత్పత్తి ఇలాగే జరిగిందని రూఢిగా చెప్పడం సాధ్యంకాకపోయినప్పటికీ, నక్ష

త్రాల పేలుడువల్ల ఆకాశంలో భారీ మూలకాలు వెదజల్లబడ్డాయనడానికి సందేహంలేదు.

సౌరకూటాలవంటివి ఇంకా ఉన్నాయా ?

రెండు సూర్యగోళాలధ్య కలిగిన ఘర్షణఫలితంగా మన సౌరకూటం ఏర్పడిందనుకున్నప్పుడు ఆకాశంలో ఇలాటి సౌరకూటాలు విరివిగా లేకపోవచ్చునని భావించబడింది. రెండు నక్షత్రాలు ఒకదానికొకటి చేరువగావచ్చి పరస్పర ప్రభావానికి లోను కావడమన్నది చాలా అరుదైనవిషయం. అయితే జీన్స్ ప్రతిపాదించిన ఈ ఘర్షణ సిద్ధాంతం తప్పని నిరూపించబడింది. ఇప్పుడు ధూళి మేఘ సిద్ధాంతమే సరి అయినదిగా భావించబడుతున్నది. మన సూర్యుడి పరిసరాలలో ఉండే ధూళి నలుసులు ఒకదాన్నొకటి తాకి, ఏకమై, గ్రహాలుగా ఏర్పడగలిగినప్పుడు ఇలాటి ప్రక్రియలే ఆకాశంలోని అనంతకోటి నక్షత్రాలచుట్టూ ఎందుకు జరుగుతూ ఉండరాదు? లేదా, హాయిల్ సిద్ధాంతం ప్రకారమే గ్రహాలేర్పడ్డాయనుకున్నప్పటికీ, ఆకాశంలో కోట్లకొద్దీ జంట నక్షత్రాలున్నాయి; గత 400 కోట్ల ఏళ్లలో కొన్ని కోట్ల నక్షత్రాలు పేలిపోయి ఉండవచ్చు; పేలుడువల్ల శిథిలమైన ఆనక్షత్రాల ఖండాలు పేలని నక్షత్రాలచుట్టూ తిరుగుతూ ఉండవచ్చు.



ఎలా చూసుకున్నప్పటికీ అనేక లక్షల నక్షత్రాల చుట్టూ చిన్న, పెద్ద గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉండాలి. మన నక్షత్రకూటంలోనే 20,000 కోట్ల నక్షత్రాలున్నట్టు అంచనా వేశారు. వీటిలో లక్షలో ఒక్కదానిచుట్టూ మాత్రమే గ్రహాలున్నాయనుకున్నప్పటికీ, ఒక్క మన నక్షత్రకూటంలోనే 20 లక్షల సౌరకుటుంబాలుండాలి. విశ్వం మొత్తం మీద (మనకు కనిపించే ఇతరనక్షత్రకూటాలలో) వెయ్యి కోట్ల సౌరకుటుంబాలుండవచ్చు.

అయితే, మనకున్న అత్యంత శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులతో చూసినప్పటికీ ఈ గ్రహాలను చూడడం సాధ్యం కాదు. మనకు అత్యంత సన్నిహిత నక్షత్రమైన ఆల్ఫా సెంటౌరై నుంచి మన సూర్యుణ్ణి చూసినట్లయితే అది రెండవ తరగతి నక్షత్రంలాగా కనిపిస్తుంది. సూర్యుడి గ్రహాలన్నిటిలోకీ పెద్దదైన గురుగ్రహం 200 అంగుళాల టెలిస్కోపులో నుంచి చూసినా కనబడదు.

సుమారు 10 సంవత్సరాలక్రితం, మన సౌరకుటుంబానికి చెందని రెండు గ్రహాలు కనిపెటబడాయి. ఒకటి గురుగ్రహంకన్న 16 రెట్లు పెద్దది. అది 61 వ సిగ్నస్ (61-Cygnus) అనేనక్షత్రం చుట్టూ తిరుగుతున్నది. దీనికన్న కూడా పెద్దదైన గ్రహం ఒకటి 70వ సర్పరాశి (70-Ophiuchi) నక్షత్రాన్ని చుట్టుతున్నది. ఈ గ్రహాలు ప్రత్యక్షంగా కనబడవు. అయితే ఈనక్షత్రాల మార్గం తిన్నగా ఉండక

వంకరటింకరిగా ఉండడంచేత వాటి చుట్టూ తిరిగే గ్రహాల  
 బరువును అంచనా కట్టగలుగుతున్నాం. షాతావరణమే  
 లేని చంద్రుడిపై సక్షత్రపరిశోధనాలయాల (అబ్జర్వేటరీలు)  
 నెలకొల్పి, శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులతో ఫోటోలు తీసి  
 సట్టయితే. ఈ గ్రహాలు కనిపిస్తాయేమో. అయితే ఒక్కటి  
 రూఢిగా చెప్పవచ్చు. విశ్వంలో ఉన్నది మన సౌరకుటుంబం  
 ఒక్కటే మటుకు కాదు.

## 7. ఇతరప్రపంచాలలో ప్రాణులున్నాయా?

ఆకాశంలోని అనేకలక్షల నక్షత్రాలచుట్టూ తిరిగే గ్రహాలుండవచ్చునని మనం తెలుసుకున్నాం. కాని వాటిలో ప్రాణులుంటాయా? అంటే కాదు, మసలాగా జ్ఞానంతో కూడిన జంతువులు వాటిలో జీవిస్తున్నాయా?

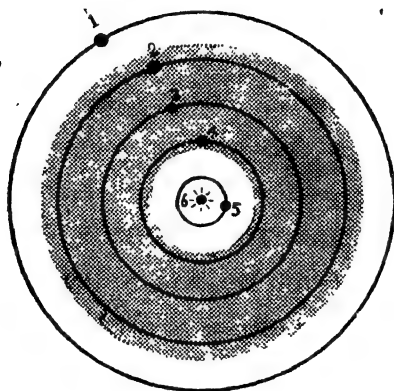
ప్రాణం ఉత్పన్నంకావడానికీ, అల్పప్రాణులనుంచి ఉన్నతప్రాణులు అభివృద్ధి చెందడానికీ అవసరమైన పరిస్థితులేవో చూద్దాం.

గడచిన 300 కోట్ల ఏళ్లకాలంలోనూ సూర్యుడినుంచి మన భూమికి వేడిరూపంలోనూ, కాంతిరూపంలోనూ, ఇతర ప్రసారాలరూపంలోనూ అంతులేని శక్తి అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రసారమవుతూ వస్తున్నది. శక్తి ఈవిధంగా ప్రసారం కాని పక్షంలో ప్రాణం ఉత్పన్నంకావడం దుస్సాధమై ఉండేది; ఒకవేళ ప్రాణం సృష్టి అయినా అది ఎంతోకాలం నిలిచి ఉండేదికాదు. అల్పప్రాణులు సృష్టి అయి, వాటి నుంచి ఉన్నత ప్రాణులు క్రమాభివృద్ధి చెందడానికి మూడుకోట్ల ఏళ్లు పడుతుంది. అంతకాలమూ సూర్యుడి నుంచి గ్రహ

లకు ఎంతో శక్తి సక్రమంగానూ, అవిచ్ఛిన్నంగానూ అందుతూ రావాలి.

రేండవ దేమంటే, సూర్యుడినుంచి ఇలా ప్రసారమయే శక్తి సూర్యుడిచుట్టూ చాలాదూరంమేర ఎంతో వేడిగా ఉండాలి. అప్పుడే ఆపరిధిలో తిరిగే కొన్ని గ్రహ లుగో ప్రాణులకు అవకాశం వర్పడుతుంది. చలిరాత్రులలో పొలాలమీద ఉండే గొర్రెల కాపర్లు వెచ్చదనంకోసం మంటలు వేయడం మనం చూస్తాం. ఎన్నో దుంగలు పేర్చి నగడు వెలిగిస్తేనే గాని దానిచుట్టూ కొద్దిమంది పడుకుని నిద్రపోవడానికి తగినంత వెచ్చని ప్రదేశం వర్పడదు. మంటకు మరీ దగ్గరగా ఉంటే తపన జాస్తే, మరీ దూరంపోతే చలి జాస్తే. అలాగే సూర్యుడికి మరీ దగ్గర అయితే వేడి హెచ్చు. అలాటి చోట ప్రాణులు ఉత్పత్తి అయ్యే అవకాశం ఉండదు. సూర్యుడికి మరీ దూరమైతే, చలి హెచ్చు కావడంచేత అక్కడ ప్రాణులుత్పత్తి కాలేవు. మన సౌరకూటంలో శుక్ర అంగారక గ్రహాలమధ్యగల మేరలోనే ప్రాణులకు వాసయోగ్యమైన శీతోష్ణ పరిస్థితి ఉన్నది. ఇది చిత్రంలో నల్లని మేరగా చూపబడింది. (పటం 28.) శుక్రుడికక్ష్యకు లోపల ఉండే ప్రాంతంలో వేడిజాస్తే. అంగారకుడి కక్ష్యకు వెలుపలి ప్రాంతంలో చలి జాస్తే.

మూడవ సంగతి, ప్రాణులుండే గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరిగే కక్ష్యలు పూర్తిగా ఈ వెచ్చని మేరలోనే



పటము 28

1. గురుడు ; 2. అంగారకుడు ; 3. భూమి ;  
4. శుక్రుడు ; 5. బుధుడు ; 6. సూర్యుడు.

మన సౌరకూటంలో ప్రాణాధారకమైన వెచ్చనిప్రాంతం;  
బుధగ్రహం సూర్యుడికి మరీ దగ్గరగా ఉండడంచేత  
ఉష్ణగ్రతజాస్తి. అంగారకుడి అవతల చలి జాస్తి.

అక్కడా ప్రాణులకు అవకాశం ఉండదు.

ఉండాలి. అనేక అల్పగ్రహాలూ, తోక చుక్కలూ సూర్యుడి  
చుట్టూ దీర్ఘవర్తుల కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నట్లు 4 వ ప్రకర  
ణంలో తెలుసుకున్నాం. ఈ కక్ష్యలలో కొంతభాగం వెచ్చని  
మేరలో ఉన్నప్పటికీ, మిగతా భాగాలు అత్యుష్ణప్రాంతంలో  
గాని, అతిశీతల ప్రాంతంలోగాని ఉండడం జరుగుతున్నది.

అకారణంచేత, వాటిలో ప్రాణులు పుట్టే అవకాశంలేదు, ఇతర సూర్యులచుట్టూ తిరిగే గ్రహాలుకూడా, దీర్ఘవృత్తాకారంగా కక్ష్యలలో తిరుగుతూ వెచ్చని మేరను అధిగమించిపోయే పక్షాన వాటిలో ప్రాణులుండే అవకాశం లేదు.

కనుక అనేకలక్షల సక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉన్నప్పటికీ, వాటన్నిటిలోనూ ప్రాణులున్నాయని అనుకోడానికి లేదు. ఒకవేళ ప్రాణులున్నాయే అనుకున్నా, మనలాటి తెలివైన ప్రాణు లెన్నో ప్రపంచాలలో ఉంటాయనుకోరాదు. ఇందుకు కారణం దిగ్భవ వివరించబడింది:

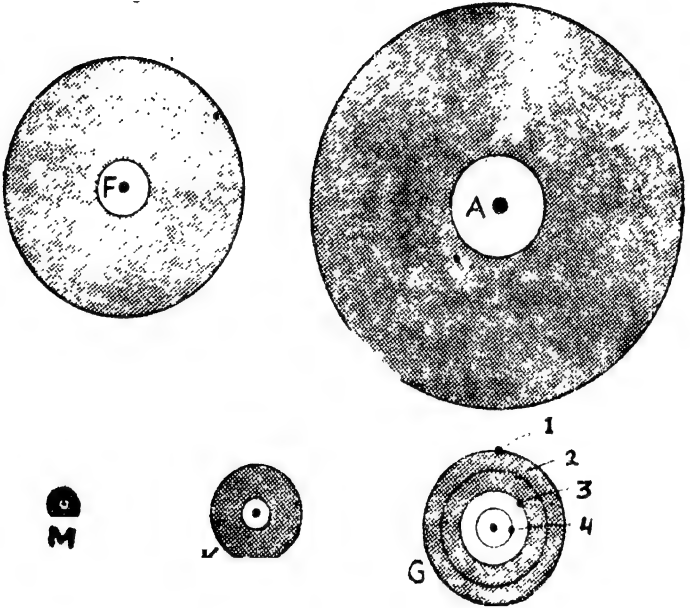
మనం 5 వ ప్రకరణంలో తెలుసుకున్నట్లుగా సక్షత్రాలలో అనేక తరగతులున్నాయి. వాటి ఉష్ణోగ్రతనూ, ప్రకాశాన్నీ, పరిమాణాన్నీ బట్టి సక్షత్రాలను O, B, A, F, G, K, M అన్న తరగతులకింద విభజించారు. ఇవన్నీ ప్రధానశ్రేణికి చెందిన సక్షత్రాలు. మనసూర్యగోళం వాటిలో చేరినది. ఇవిగాక అరుణ బృహత్తులనీ, మారే సక్షత్రాలనీ, తెల్ల మరుగుజ్జులనీ ఇతర రకాల సక్షత్రాలున్నట్లుకూడా మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. ఇవి ప్రధాన శ్రేణిలో చేరినవికావు. పైన చెప్పిన మూడు అంశాలూ ఏయేతరగతుల సక్షత్రాలకు వర్తిస్తాయో మనం పరిశీలించి

నట్టయితే, ఎక్కడ ప్రాణులుపుట్టే అవకాశం ఉన్నదీ స్పష్టమవుతుంది.

ప్రధానశ్రేణికి చెందిన నక్షత్రాలలో O, B, A తరగతులకు చెందినవి చాలా పెద్దవి. వాటిప్రకాశాన్ని బట్టి వాటినుంచి ప్రసారమయే శక్తిని మనం అంచనాకట్టినట్టయితే, అవి హెచ్చుకాలం మన్నవని స్పష్టమవుతుంది. అవి తమలోగల హైడ్రోజనును అతివేగంగా ఖర్చుచేసుకుని అంతులేని శక్తిని వెలువరిస్తూ ఉండడంచేత ఒక కోటి సంవత్సరాలలో వాటిలోని హైడ్రోజనంతా హీలియంగా పరివర్తనపొందుతుంది, తరువాత అవి సంకోచంపొందనారంభిస్తాయి. సౌరకూటంలో ప్రాణులు పుట్టి అభివృద్ధి చెందాలంటే సూర్యుడు కనీసం కొన్నివందల కోట్ల ఏళ్లపాటు మార్పులేకుండా ఉండి నిలకడగా శక్తిని ప్రసారంచెయ్యాలని మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. కనుక, హెచ్చు కాంతి, వేడిగల నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉన్నప్పటికీ వాటిలో ప్రాణులు ఉత్పత్తి అయే అవకాశంలేదు.

K, M తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాలు దీర్ఘకాలం పాటు మార్పుచెందకుండా ఉండి శక్తిని ప్రసారంచేస్తున్నప్పటికీ, వీటి కాంతి, వేడి బహుస్వల్పం. అందుచేత వీటిచుట్టూ ఉండే వెచ్చనిమేర చాలా సంకుచితమైనది. ఈకొద్దిమేరలో గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉన్నట్టయితేనే వాటిలో ప్రాణులు

- అవతరించే అవకాశం ఉన్నది. అయితే ఇంత కొద్దిమేరలో గ్రహం తిరగడమనేది అరుదైన విషయం. వేరు వేరు తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాలచుట్టూ ఉండే వెచ్చనిమేరలు
- దిగువ పటంలో చూపబడ్డాయి.



పటము 29

1. అంగారకుడు, 2. భూమి, 3. శుక్రకుడు,  
4. బుధుడు.

వేరువేరు తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాలచుట్టూ ఉండే వెచ్చని మేరలు



అందుచేత, నక్షత్రాలు ఒకే స్థితిలో నిలకడగా శక్తిని వెలువరిస్తూ ఉండేకాలమూ, వాటిచుట్టూ ఉండే వెచ్చని మేరలూ పరిగణించినట్లయితే, F, G, K తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాల వెంబడిమాత్రమే ప్రాణుల మనుగడకు అనుకూలించే పరిస్థితులున్నట్టు మనకు స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. (మన సూర్యగోళం G తరగతికి చెందిన నక్షత్రమని జాపకం ఉంచుకోవాలి.) మన నక్షత్రకూటంలోని నక్షత్రాలలో సుమారు ఏడోవంతు నక్షత్రాలు ఈ తరగతులకు చెందినవి గనుక, మన కూటానికి సంబంధించిన సుమారు 2,000 కోట్ల నక్షత్రాలచుట్టూ ఉన్న గ్రహాలలో మనలాటి తెలివిగల ప్రాణులున్నట్టు భావించవచ్చు.

అయితే మనం లోగడ అనుకున్న మూడవ అంశాన్ని ఇంకా గణనలోకి తీసుకోలేదు. ఈ నక్షత్రాలచుట్టూ తిరిగే గ్రహాల కక్ష్యలు పూర్తిగా వెచ్చని మేరలోనే ఉండాలి. ఇది మనం అనుకున్నంత తేలిక కానట్టు కనబడుతుంది.

అంతటా నిండి ఉండే వాయువులు సంకోచంపొందడంచేత సూర్యగోళాలు (నక్షత్రాలు) ఏర్పడతాయని మనం తెలుసుకున్నాం. సంకోచంపొంది నక్షత్రాలుగా పరిణమించే వాయుగోళాలు రెండు రెండుగానూ, మూడేసిగానూ, ఏర్పడే స్వభావం కలిగి ఉంటాయి. సామాన్యంగా జంట నక్షత్రాలు ఒకదానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతుంటాయి, అలాటివి మన నక్షత్రకూటంలో కోట్ల సంఖ్యలో ఉన్నట్టు

మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. వాయువులు చిన్న మొత్తాలలో కూడుకున్నప్పుడు సంగోచంపొంది, సూర్యుడు కావడానికి బదులు గ్రహంగా తయారవుతాయి. ఈ కారణం చేతనే అనేక నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలుండే అవకాశం ఉన్నట్లుకూడా మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం.

మన సూర్యుడిలాగా కాకుండా, నక్షత్రాలు రెండేసిగానూ, మూడేసిగానూ ఏర్పడినప్పుడు, అవి ఒక స్థిర కేంద్రం చుట్టూ కక్ష్యలేర్పరచుకుని వాటి వెంబడి తిరుగుతూంటాయి. అలాటి నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉండే పక్షంలో, ఆ నక్షత్రాలు ఒక నిర్ణీత స్థానం లేక కదులుతూ ఉంటాయి గనుక, వాటి గ్రహాలకు కూడా స్థిరమైన కక్ష్యలుండవు. వాటికన్న చాలా పెద్దవైన నక్షత్రాలు చేరువలో ఉండి వాటిని ఆకర్షిస్తూ ఉండడంచేత వాటి కక్ష్యలు మారుతూ ఉంటాయి. అదీగాక, ఒక నక్షత్రం చుట్టూ ఉండే వెచ్చని మేరపై మరొక నక్షత్రం ప్రభావం ఉంటుంది. రెండు కన్న ఎక్కువ నక్షత్రాలు ఒకే జట్టుగా ఉన్నప్పుడు వెచ్చని మేరలు నిర్ణయించడం సాధ్యంకాదు.

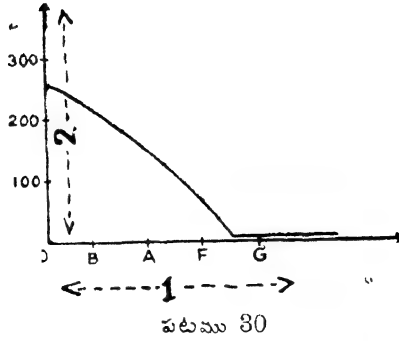
నక్షత్రాలు జంటగా మాత్రమే ఉన్నప్పుడు వాటి కక్ష్యలు వాటి బరువులపై ఆధారపడతాయి. ఆ జంట నక్షత్రాలు బరువు విషయంలో మన సూర్యుడిని పోలిన వనుకునే పక్షంలో, వాటిచుట్టూ గ్రహాలు నిర్ణీతమైన కక్ష్యలలో

వెచ్చనిమేరలలో తిరగాలంటే అ జంట నక్షత్రాల మధ్యగల దూరం 46 బక్షల మైళ్లకు లోపుగాని, 93 కోట్ల మైళ్లకు మించిగాని ఉండాలని లెక్కలనుబట్టి తేలుతున్నది. ఇదే విధంగా ఇతర అంశాలన్నీ పరిగణించి గుణించగా రెండేసి, మూడేసి నక్షత్రాలు జట్టుగా ఉండే సందర్భాలలో నూరింట ఒకటి లేక రెండింట మాత్రమే ప్రాణులకు వాసయోగ్యమైన గ్రహాలుంటాయని తేలింది. మన నక్షత్రకూటంలోని నక్షత్రాలన్నిటినీ పరిగణించిచూస్తే, వాటిలోనూటికిరెండు, లేక మూడు వంతులు నక్షత్రాలకు మాత్రమే ప్రాణాధారకమైన గ్రహాలు ఉంటాయని తేలింది. ఇంకోవిధంగా చెప్పాలంటే, మన 'నక్షత్రకూటంలో' మనలాటి ప్రాణులను ధరించగల సౌరకూటాలు సుమారు 600 లేక 800 కోట్లు ఉండవచ్చునని ఊహిస్తున్నారు.

ఇలాటి సౌరకూటాల తాలూకు గ్రహాలను ఫోటో గ్రాఫ్ చెయ్యడం ఇప్పట్లో అసాధ్యమైనపని. మన వాతావరణంలోని గాలి అస్తమాసమూ కదులుతూ, నక్షత్ర కాంతిని చెదరగొడుతూ ఉండడంచేత, నక్షత్రానికి సమీపంగా ఉండే గ్రహం నుంచివచ్చే కాంతి పూర్తిగా మరుగు పడిపోతుంది. కాని, మనచంద్రుడిపై నగాని, కృత్రిమ ఉపగ్రహంపై నగాని ఒక తెలిస్కోపు అమర్చి, అక్కడి నుండి నక్షత్రాలకు ఫోటోలు తీసినట్లయితే, ఆనక్షత్రాలకు చేరువగా ఉన్న గ్రహాలు ఫోటోలలో కనిపించవచ్చు.

అయితే మనం లోగడ (168 పేజీలో) 61 వ సిగ్నస్ (61-Cygnus), 70 వ ఒఫియూక్కి (70-Ophiuchi) నక్షత్రాల వంకరటింకర కక్ష్యలనుబట్టి వాటిచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నట్టు ఊహించబడిందనీ, ఆ గ్రహాల బరువులు అంచనా వేయబడ్డాయనీ తెలుసుకొని ఉన్నాం.

నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నాయని తెలుసుకొనడానికి మరొక ముఖ్యాధారంకూడా ఉన్నది. మన సూర్యుడు తన అక్షంమీద నింపాదిగా తిరుగుతూ 27 రోజులకాలంలో ఒకసారి ఆత్మప్రదక్షిణం చేస్తున్నట్టు తెలుసుకున్నాం. సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగే గ్రహాలు తమ చుట్టూ తాము వేగంగా తిరుగుతున్నాయి. మన సౌర కూటంయొక్క వర్తుల ద్రవ్యవేగంలో నూటికి 98 వంతులు గ్రహాలలోనూ, 2 వంతులు మాత్రమే సూర్యుడిలోనూ ఉన్నది. ఆకాశంలోని నక్షత్రాల వర్తుల ద్రవ్యవేగాన్ని గురించి పరిశీలన చేయడంవల్ల మనకు ఒక ముఖ్యమైన సత్యం తెలుస్తుంది: అమిత ఉష్ణోగ్రతగల O, B, A తరగతులకు చెందిన భారీ నక్షత్రాలు హెచ్చు వేగాలతో తిరుగుతున్నాయి; మిగిలిన నక్షత్రాలు నింపాదిగా తిరుగుతున్నాయి. 180 వ పేజీలోని పటంలో ఇది చక్కగా విశదీకరించబడింది. ఈ నక్షత్రాలవర్తుల ద్రవ్యవేగం ఇంత తక్కువగా ఎందుకుండాలి? దీనికి కారణం, వర్తులద్రవ్యవేగంలో హెచ్చు పాలు ఈ నక్షత్రాలచుట్టూ



1. ప్రధానశ్రేణి నక్షత్రాలు, 2. వర్తులద్రవ్యవేగం.

ప్రధానశ్రేణికి చెందిన నక్షత్రాల వర్తులద్రవ్యవేగం :

If దాటినతరువాత నక్షత్రాల వేగం చాలా తక్కువ.  
వీటి వేగాలు వీటి చుట్టూ తిరిగే గ్రహాలకు సంక్రమించ  
డమే ఇందుకు కారణమనుకోవచ్చు.

తిరిగే గ్రహాల నాశ్రయించడమే నని స్పష్టమవుతున్నది.  
ఇదే నిజమైనపక్షంలో, ఈ నక్షత్రాలవెంట ప్రాణులను  
పోషించగల గ్రహాలున్నాయన్నది స్పష్టం!

కనుక, మనలాటి ప్రాణులు మన నక్షత్రకూటం  
లోనూ, ఇతర నక్షత్రకూటాలలోనూ గల అనేకకోట్ల సౌర  
కూటాలలో ఉన్నట్టు మనకు తెలుస్తున్నది. కాని మనకు  
సమీపంలోఉన్న నక్షత్రాలవెంట ప్రాణులను పోషించగల  
గ్రహాలకోసం వెతికినట్లయితే అవి కనిపించడం దుర్లుభంగా

ఉంటున్నది. మనకు సమీపంలో ఉన్న 40 నక్షత్రాలను శ్రద్ధగా అన్వేషిస్తే, టౌసెటి (Tau ceti) అనే తిమింగిల రాశిలోని ఒక్క నక్షత్రం వెంట మాత్రమే ఉన్నత ప్రాణులకు ఆధారభూతం కాదగిన గ్రహాలుండవచ్చునని తేలింది. ఈ నక్షత్రం మనకు 10.8 కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో ఉన్నది. దీని కాంతి ప్రమాణం 3.6, ఇది మన సూర్యుని లాగే G తరగతికి చెందిన నక్షత్రం.

తెలివిగల ప్రాణులుండే ప్రపంచాలు కోట్లసంఖ్యలో ఉన్నమాట నిజమైతే, ఇంతవరకు మన ప్రపంచానికి ఎవరూ రానివాడని కేమిటి కారణం? కనీసం మన కెవరూ సందేశాలెందుకు పంపలేదు?

మన ప్రపంచాన్ని చేరడం దుర్బలమైన కార్యం. ప్రాణులుండే అవకాశంగల సన్నిహిత నక్షత్రం మనకు 10.8 కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉన్న దని తెలుసుకున్నాం. మన కృత్రిమ ఉపగ్రహాలలాగా గంటకు 18,000 మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణించినప్పటికీ, ఆనక్షత్రాన్ని చేరడానికి అనేకలక్షల ఏళ్లు పట్టుతుంది. అంతకాలం రాకెట్లు ప్రయాణించడంగాని, ప్రయాణీకులు జీవించడంగాని సాధ్యంకాదు. అవతలి ప్రపంచాలలో నివసిస్తున్న తెలివిగలవాళ్లు అత్యంత వేగంగా వాహనాలను కనిపెడితే తప్ప వారు మన ప్రపంచానికి రావడం అసంభవం. వారి వాహనాలు కాంతిలాగా

గంటకు 1,86,000 మైళ్ల వేగంతో వచ్చినప్పటికీ ప్రయాణం 10.8 సంవత్సరాలు పడుతుంది. కాని, ఐన్ స్టయిన్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం ఏవాహనమూ కాంతివేగంతో నడవడం సాధ్యంకాదు.

అక్కడి ప్రాణులు మన ప్రపంచానికి స్వయంగా రాకపోతే మట్టకు, రేడియోద్వారా సందేశాలు పంపరాదా? రేడియోతరంగాలు కాంతివేగంతో ప్రయాణిస్తాయి గనుక టాసెటి (Tau ceti) నక్షత్రప్రాంతంనుంచి ప్రసారమయే రేడియోతరంగాలు 11 ఏళ్లలోపుగా భూమిని చేరుకుంటాయి. ఒకవేళ అలాటి ప్రసారాలు ఎన్నో వేల సంవత్సరాలుగా మనను చేరుతున్నాయేమో! కాని అనేక వేల ఏళ్లక్రితం భూమిపైన ఉండిన జంతువులకు రేడియో తరంగాలేమిటో తెలియవు — అంతదాకాదేనికీ! నూరేళ్ల క్రితం మానవులకీ రేడియో తరంగాల విషయం తెలియదు! గడచిన ఇరవై ఏళ్ల కాలంలోనే రేడియో సాంకేతికాభివృద్ధి శీఘ్రంగా సాగింది.

అకాశంనుంచి సందేశాలువస్తూంటే వాటిని ఎలా పట్టకోవాలి, ఎలా అర్థంచేసుకోవాలి? అవి ఏభాషలో, ఏప్రమాణంగల తరంగాలపై ప్రసారమవుతాయి?

నక్షత్రకూటమంతటా హైడ్రోజను వాయువు విస్తరించి ఉన్నది గనుక, హైడ్రోజను ఉత్పత్తిచేసే తరంగాల

నిడివి 21 సెంటిమీటర్లు గనుక, బహుశా అలాటిప్రమాణం గల తరంగాలలో సందేశాలు రావచ్చు. ప్రపంచంలోగాని, ఆకాశంలోగాని ఈతరంగాలకు అవాంతిరాలి కలగడం చాలా అరుదు. అందుచేత, వచ్చేసందేశాలను నిరాటంకంగా వినవచ్చు. ఏం సందేశాలు వస్తాయి? తెలివిగల ప్రాణులకు “1, 2, 3...” అని లెక్కించడం తెలుస్తుంది. అందుచేత తొలి సందేశాలు, “ఔవ్”, “ఔవ్ ఔవ్”, “ఔవ్ ఔవ్ ఔవ్” అని, సంఖ్యలను సూచించేవిగా ఉండవచ్చు. ఈసంఖ్య క్రమంగా అయిదుకుగాని, పదికిగాని పెరగవచ్చు. మనం తిరిగి ఇవే సంకేతాలను ప్రసారంచేసినట్లయితే అటు నుంచి ఏదో ఒక జవాబు వస్తుంది.

అమెరికాలో కొద్ది మంది శాస్త్రవేత్తలు ఆకాశం నుంచి వచ్చే రేడియోతరంగాలను ఎప్పటికప్పుడు విశ్లేషణ చేస్తూ, వాటిలో పదేపదే వినబడే సందేశాలేమైనా ఉన్నాయో అని చూస్తున్నారు. ఈ సమాచారాలన్నీ అనుక్షణమూ ఆటోమాటిక్ గా టెపులపైన రికార్డువుతూ ఉంటాయి గనుక, వాటిని అప్పుడప్పుడూ పరిశీలిస్తూ ఉంటే చాలు. ఇప్పటివరకూ సందేశంలాటి దేదీ వచ్చినట్టు కనిపించదు. ప్రాచీనకాలంలో ఏవైనా సందేశాలు వచ్చిఉంటే ఆ నాటికి మనం వాటిని గ్రహించేసితిలో లేము.

మన మింతదాకా నక్షత్రకూటం యావత్తు తీసు



కుని చర్చించాం. మన సౌరకూటంలోనే ఇంకే ప్రాంతంలో  
లైనా ప్రాణులుండే అవకాశం ఉన్నదా ?

ముందే అనుకున్నట్టుగా, ప్రాణి పోషణకు తగు  
మాత్రం వెచ్చదనం శుక్రదూ, భూమి, చంద్రుడూ, అం  
గారకుడూ—వీటిపైన ఉన్నది. అయినప్పటికీ భూమిమీద  
గాక, ఇతరగ్రహాలపై ప్రాణులుండడం సంశయాస్పదం.  
చంద్రగోళంపై గాలి లేదని శాస్త్రవేత్తలు నిర్ధారణచేశారు.  
గాలి లేనప్పుడు నీరూ ఉండదు. గాలి, 'నీరూ లేనిచోట  
ప్రాణులూ ఉండవు. చంద్రగోళం అస్తమానమూ మనకేసి  
ఒకే “ముఖం” చూపుతుంది. మనకు కనిపించని చంద్రుడి  
రెండవ పక్కకూడా మనకు కనిపించేదానిలాగే ఉండి  
ఉండాలి. కొద్ది సంవత్సరాలలో మానవుడు చంద్రుడివద్దకు  
వెళ్లడం నిశ్చయం. అలా వెళ్లటట్టయితే అతను తనకు  
అవసరమైన తిండి, నీరూ, ప్రాణవాయువూ భూమినుంచి  
వెంటబెట్టుకు పోవాలి.

శుక్రగ్రహంచుట్టూ ఆవరించి ఉన్న మేఘాలలో  
కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ జాస్తిగా కనిపిస్తున్నది. అక్కడ  
ప్రాణవాయువుగాని, నీటి ఆవిరిగాని కనిపించడం లేదు.  
అయితే ఆ మేఘాల దిగువను, శుక్రగ్రహం ఉపరితలాన  
ఏమున్నదీ ఎవరికీ తెలియదు. కాని శుక్రడు భూమికన్న  
సూర్యుడికి దగ్గరగా ఉన్నందున భూమికన్న అది హెచ్చు  
వేడి కలిగి ఉండాలి. కనుక, అక్కడ ప్రాణిజాతులు ఉచ్చ

నించి ఉండిన పడుంలో, అవి భూమిపైగల వాటి వంటివి అయి ఉండవు. ఉన్నతప్రాణుల పరిణామానికి హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత ప్రతిబంధకం కావచ్చు.

అంగారకగ్రహంమీది “కాలవల”ను గురించి ఊహాగానాలు జరిగాయని 74 వ పేజీలో చదివారు. కాలవలున్నాయనీ, వాటిపక్కన అరణ్యాలున్నాయనీ, సేద్యం జరుగుతున్నదనీ, జంతువులున్నాయనీ అన్నారు. మన ప్రపంచంతో బాటు ప్రాణులుగల మరొక ప్రపంచం ఏదైనా మన సూర్యకుటుంబంలో ఉంటే అది అంగారకుడే కావాలి. దాని శీతోష్ణస్థితి, వాతావరణమూ, నీయూ ప్రాణులు జీవించడానికి ఇంచుమించు అనుకూలంగా ఉన్నాయి. దాని వాతావరణంలో ఉన్న ప్రాణవాయువు స్వల్పమన్నమాటనిజమే. అయితే మన ప్రపంచంలోకూడా కొన్ని క్రిములు ప్రాణవాయువుకు మారుగా గంధకాన్ని వినియోగించి ప్రాణపోషణ చేసుకుంటున్నాయి. మన ప్రాణిజాతులకు భిన్నమైన ప్రాణిజాతులు అంగారకగ్రహంపైన జీవిస్తూ ఉండవచ్చు. మరి 20, 30 ఏళ్లకాలంలో మానవుడు చంద్రుణ్ణి దాటి శుక్ర, అంగారక గ్రహాలకు వెళ్లి, తిరిగి రాగలస్థితిలోకి వస్తాడు. ఆ గ్రహాలమీద అతడికి ఎలాటి వింత అనుభవాలు ఎదురవుతాయోనని ఆలోచించుకుంటేనే శరీరం జలదరిసుంది !

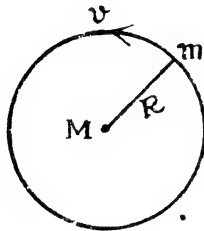
భగవంతుడు సృష్టించిన ఈ అద్భుత విశ్వంలో ఎన్నో వందలకోట్ల నక్షత్రకూటాలు ! ఒక్కొక్క నక్షత్రకూటం లోనూ కొన్ని వేలకోట్ల సూర్యులు ! అందులో ఎన్నికోట్ల సూర్యులపెంట గ్రహాలూ, వాటిపై తెలివితేటలుగల ప్రాణులూ — జీవిస్తున్నాయో ! “లోకాలన్నీ భగవంతుడి ఘనతను కీర్తిస్తున్నాయి. ఆయన పనితనానికి ఆకాశమే సాక్షి !” అని ఒక కవి మూడు వేల ఏళ్లక్రితం అన్నాడు. అందులో ఎంత ప్రగాఢ సత్యమున్నదీ ఆధునిక శాస్త్రం దజవు చేస్తున్నది.

## అనుబంధం I

సూర్యకుటుంబంలోని గోళాల బరువు, సాంద్రత

కెప్లర్ 3 వ సూత్రం ఈవిధంగా వివరిస్తున్నది :

M బరువుగల ఒక పెద్దగ్రహంచుట్టూ m బరువుగల ఒక చిన్నగ్రహం వర్తులకక్ష్యలో తిరుగుతున్నదనీ, ఆకక్ష్య యొక్క అర్ధవ్యాసం R అనీ, చిన్నగ్రహం తిరిగే వేగం V అనీ, అది ఒకచుట్టు తిరిగిరావడానికి పట్టేకాలం T అనీ అనుకుందాం.



న్యూటన్ సూత్రప్రకారం గురుత్వాకర్షణబలం  

$$= G \frac{Mm}{R^2} \quad [G \text{ అన్నది ఒక స్థిరసంఖ్య}]$$

ఈ బలం గ్రహం యొక్క భ్రమణశక్తి  $\frac{mv^2}{R}$  కు సమానం.

$$\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \quad \therefore v^2 = \frac{GM}{R}$$

చిన్నగ్రహం పెద్దగ్రహాన్ని  $T$  కాలంలో  $2\pi R$  దూరం  
 చుడుతుంది గనుక, దాని వేగం  $v = \frac{2\pi R}{T}$

$$\frac{4\pi^2 R^3}{T^2} = \frac{GM}{R}$$

$$\therefore 4\pi^2 R^3 = GMT^2$$

$$\therefore R^3 = \frac{G}{4\pi^2} MT^2$$

ఈ సమీకరణాన్ని భూమి చంద్రులకూ, సూర్య  
 భూములకూ, సూర్యగ్రహాలకు అనువర్తింపజేయవచ్చు.

చంద్రుడు—భూమి :  $R_1 =$  చంద్రుడికి భూమికి మధ్యగల  
 దూరం = 2,38,000 మైళ్లు.

$T_1 =$  చంద్రుడు భూమిని చుట్టి వచ్చే  
 కాలం = 27 25 రోజులు.

$$M_1 = \text{భూమి బరువు}^*$$

\*  $6.05 \times 10^{27}$  గ్రాములు

భూమి — సూర్యుడు :  $R_2 =$  భూమికి సూర్యుడికి మధ్యగల దూరం = 9,30,05,000 మైళ్లు.

$T_2 =$  భూమి సూర్యుణ్ణి చుట్టి వచ్చే కాలం = 365 రోజులు.

$M_2 =$  సూర్యుడి యొక్క బరువు ?

$$\frac{R_2^3}{R_1^3} = \frac{M_2 T_2^2}{M_1 T_1^2} \quad \therefore \frac{9,30,05,000^3}{2,38,000^3} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right) \times \frac{365^2}{27 \cdot 25^2}$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{\text{సూర్యుడి బరువు}}{\text{భూమి బరువు}} = \frac{9,30,05,000^3}{2,38,859^3} \times \frac{27 \cdot 31^2}{365 \cdot 25^2} = 3,30,000$$

అనగా సూర్యుడి బరువు భూమి బరువుకన్న 3,30,000 రెట్లన్నమాట. కనుక సూర్యుడి బరువు  $2 \times 10^{27}$  టన్నులు.

ఇదేవిధంగా, ఒక ఉపగ్రహం ఒక గ్రహం చుట్టూ తిరుగుతున్నప్పుడు వాటి మధ్యగల ఎడాన్నీ, తిరిగి రావట్టు కాలాన్నీ బట్టి గ్రహం యొక్క బరువు లెక్కగట్టవచ్చు.

ఉదాహరణకు, అంగారకుడి చుట్టూ ఫోబోస్, డై మోస్ అనే రెండు చిన్న ఉపగ్రహాలు తిరుగుతున్నాయి. ఫోబోస్ 5,800 మైళ్లదూరాన ఉన్నది; అది ఒకచుట్టు తిరిగి వచ్చే కాలం 7 గం. 39 ని, లేక 0.318 రోజు. సె నె సమీ

కరణను చంద్రగోళ, భూగోళాలకూ, ఫోజోస్ అంగారకులకూ అనుష్ఠాపితమైన క్రింది ఫలితం వస్తుంది :

$$\frac{\text{అంగారకుడి బరువు}}{\text{భూమి బరువు}} = \frac{M_2}{M_1} = \frac{5,800^3}{2,38,859^3} \times \frac{27 \cdot 31^2}{0 \cdot 318^2} = 0 \cdot 105$$

ఇలాగే, సమీకరణలో డై మోస్ దూరమూ, అది తిరిగే కాలమూ ఉంచి గుణించినా అంగారకుడి బరువు 0.105, లేక భూమిలో పదవవంతు వస్తుంది. తెలిస్కోపు సాయంతో గ్రహాల వ్యాసాలు తెలుసుకోవచ్చు. వాటి నుంచి గ్రహాల ఘనపరిమాణాలూ, సరాసరి సాంద్రతా లెక్కగట్టవచ్చు. గ్రహాలసరాసరి సాంద్రతలు 39 వ పేజీలో ఇవ్వబడ్డాయి.













# త ఆంధ్ర ప్రభుత్వముల సహాయముతో ప్రకటితము

**JEEVANADATA° SOORYUDU**

*Telugu translation of*

**LIFE GIVING SUN**

by M A THANGARAJ, M A . Ph D

**Price Rs. 2.10**

సకల జీవరాశికి ప్రాణప్రదాత,  
రక్షకుడు అయిన సూర్యుడి పేరు; ..  
సూర్యగోళం పుట్టు పూర్వోత్తరాలు,  
సూర్య కుటుంబ చరిత్ర. విజ్ఞాన శాస్త్ర  
చరిత్రోదకులు తెలుపుతూన్న అగోళ  
రహస్యాలు—అన్నీ సామాన్య పాఠ  
కులకు మనోహరమైన తెలిలో  
వరకంగా వివరించే అపూర్వ రచన;  
డాక్టర్ ఎమ్. ఎ. తంగరాజ్, M.A.,  
Ph.D. మూల రచనకు కొడవటిగంటి  
కుటుంబరావు మగమానువాదం.

దక్షిణ భాషా పుస్తక సంస్థ.





14002